Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

M-43
ISBN 92-5-002940-3

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche bibliographique ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit: électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable. Adresser une demande motivée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, en indiquant les passages ou illustrations en cause.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise, without the prior permission of the copyright owner. Applications for such permission, with a statement of the purpose and extent of the reproduction, should be addressed to the Director, Publications Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.

© FAO 1990

## PREPARATION DU DOCUMENT

Ce document sur les trocas représente la troisième contribution à la revue des ressources halieutiques des Pays insulaires du Pacifique entreprise par le Département des Pêches de la FAO. Il a été préparé par W. Bour, Chercheur océanographe à l'Institut Français de Recherche Scientique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) à partir de la synthèse sur l'étude des trocas qu'il a présentée aux Journées d'études sur les ressources halieutiques côtières du Pacifique, organisées par la Commission du Pacifique Sud (CPS), du 14 au 25 mars 1988 à Nouméa, en Nouvelle Calédonie.

## PREPARATION OF THIS REPORT

This document on trochus represents the third contribution to the review of the fishery resources of the Pacific island countries undertaken by the FAO Fisheries Department. It was prepared by W. Bour, Fisheries biologist at the Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) from a synoptic study on trochus in the Pacific, presented to the "Workshop on the Pacific Inshore Fishery Resources" organised by the South Pacific Commission (SPC), 14-25 March 1988, in Noumea, New Caledonia.

## REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier tout spécialement la Commission du Pacifique Sud (CPS) qui a réalisé la traduction en langue anglaise du document original et l'a autorisé à publier ce travail de synthèse dans les Documents Techniques sur les Pêches de la FAO.

## ACKNOWLEDGEMENT

Many thanks are due to the South Pacific Commission (SPC) for the translation into English of the original paper and for permission to publish it in the FAO Fisheries Technical Paper series.

Bour, M.
Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique. Troisième partie: Les trocas.
The fishery resources of Pacific island countries. Part 3. Trochus.
FAO Document technique sur les pêches/FAO Fisheries Technical Paper. No. 272.3.
Rome, FAO, 1990. 89p.

## RESUME

Les trocas (Trochus niloticus, L.) sont de gros mollusques marins exploités pour le marché de la nacre. C'est une ressource exportable intéressante pour les Pays insulaires du Pacifique Sud. L'étude synoptique de ce document présente la biologie de l'espèce (principalement l'habitat, la reproduction et la croissance). Les aspects fécondité et développement larvaire sont détaillés car ils peuvent servir d'éléments de base pour l'aquaculture des trocas. L'étude s'achève par les mesures quantitatives des stocks réalisées par différents auteurs et propose en conséquence des options d'aménagement pour une gestion optimale de cette ressource originale.

## ABSTRACT

Trochus niloticus is a large marine mollusc exploited for its nacreous shell. This exportable resource is economicaly interesting for the island Countries of the South Pacific. The synoptic study of the document presents the biology (mainly habitat, reproduction and growth). The fecundity and larval development aspects are detailled in order to provide basic data for a possible aquaculture. The study ended with quantitative stocks measurements assessed by different authors and consequently proposes management options for an optimal resource regulation.

# SOMMAIRE

Page

1. INTRODUCTION ..... 1

2. BIOLOGIE DE LA RESSOURCE ..... 1

2.1 Taxinomie ..... 1
2.2 Distribution géographique ..... 2
2.3 Habitat ..... 2
2.4 Nutrition ..... 5
2.5 Reproduction ..... 5
2.6 Développement larvaire ..... 8
2.7 Croissance et survie des juvéniles ..... 9
2.8 Taille à la première maturité ..... 9
2.9 Courbes de croissance des trocas ..... 11
2.10 Estimation des mortalités ..... 13
2.11 Estimation du recrutement ..... 14

3. PECHE ET REPARTITION DES STOCKS DANS LE PACIFIQUE SUD ... 14

3.1 Technique de pêche et préparation des coquilles ..... 14
3.2 Description des principales pêcheries commerciales du Pacifique sud ..... 14

3.2.1 Iles et archipels de Micronésie..... 15
3.2.2 Papouasie Nouvelle Guinée..... 15
3.2.3 Iles Salomon..... 19
3.2.4 Vanuatu..... 19
3.2.5 Australie..... 19
3.2.6 Nouvelle Calédonie..... 23
3.2.7 Fidji..... 23
3.2.8 Polynésie française..... 25
3.2.9 Iles Cook..... 25

3.3 Introductions récentes ..... 25

4. MARCHE MONDIAL DES TROCAS ..... 27

4.1 Production ..... 27
4.2 Utilisation des coquilles ..... 28
4.3 Evolution des prix ..... 28

5. ESTIMATIONS QUANTITATIVES DES STOCKS ..... 29

5.1 Mesures directes par les densités ..... 29
5.2 Techniques de mesure des densités ..... 29
5.2.1 Résultats des mesures de densité ..... 30
5.2.2 Estimations des biomasses à partir des densités ..... 31

5.3 Mesures indirectes par les statistiques de pêche .... 31

5.3.1 Prise par unité d'effort ..... 31
5.3.2 Analyse des cohortes ..... 33
5.3.3 Rendement par recrue ..... 35

6. OPTIONS D'AMENAGEMENT ET CONCLUSIONS ..... 36

BIBLIOGRAPHIE / ANNEXE ..... 76

CONTENTS

Page

1. INTRODUCTION ..... 39

2. THE BIOLOGY OF THE RESOURCE ..... 39

2.1 Taxonomy ..... 39
2.2 Geographical distribution 40
2.3 Habitat ..... 40
2.4 Nutrition ..... 42
2.5 Reproduction ..... 42
2.6 Development of larvae ..... 47
2.7 Growth and survival of juveniles ..... 47
2.8 Size at first maturity ..... 49
2.9 Trochus growth curves ..... 49
2.10 Estimation of mortality rates ..... 51
2.11 Estimation of recruitment rate ..... 52

3. FISHING AND DISTRIBUTION OF STOCKS IN THE SOUTH PACIFIC... 52

3.1 Fishing techniques and preparation of shells ..... 52
3.2 Description of the main commercial trochus fisheries in the South Pacific ..... 52

3.2.1 Islands and archipelagos of Micronesia ..... 53
3.2.2 Papua New Guinea ..... 53
3.2.3 Solomon islands ..... 57
3.2.4 Vanuatu ..... 57
3.2.5 Australia ..... 57
3.2.6 New Caledonia ..... 61
3.2.7 Fiji ..... 63
3.2.8 French Polynesia ..... 63
3.2.9 Cook Islands ..... 63

3.3 Recent introductions ..... 65

4. WORLD TROCHUS MARKET ..... 65

4.1 Production ..... 65
4.2 Using the shells ..... 66
4.3 Prices ..... 67

5. QUANTITATIVE ESTIMATES OF STOCKS ..... 67

5.1 Direct measurements using density figures ..... 67

5.1.1 Procedures for measuring density ..... 67
5.1.2 Results of density measurements ..... 69
5.1.3 Estimates of biomass from density ..... 69

5.2 Indirect measurements calculated from fisheries statistics ..... 70

5.2.1 Catch per unit of effort ..... 70
5.2.2 Cohort analysis ..... 70
5.2.3 Yield by recruit ..... 72

6. MANAGEMENT OPTIONS AND CONCLUSIONS ..... 74

BIBLIOGRAPHY / ANNEX ..... 76

# LES RESSOURCES HALIEUTIQUES DES PAYS INSULAIRES DU PACIFIQUE

## 1. INTRODUCTION

L'histoire de l'exploitation des trocas dans le Pacifique sud se confond avec les besoins mondiaux en boutons de nacre. En effet, ce gros gastéropode marin qui ressemble à une toupie (trochus, en latin) forme une coquille dont la nacre est particulièrement appropriée au façonnage des boutons. L'invasion des matières plastiques, à partir des années 50, a ralenti la demande de trocas mais ne l'a pas supprimé et l'on assiste depuis dix ans à un accroissement régulier du marché, car la nacre des trocas résiste mieux aux détergents et aux lavages fréquents que les matières synthétiques. De matière première banale, les coquilles de trocas sont maintenant produits de luxe, recherchés par la chemiserie haut de gamme.

L'Indonésie, les Philippines et les Pays du Pacifique Sud sont les trois grands pôles producteurs. Nous verrons que la part prise sur ce marché par le Pacifique Sud est de plus en plus importante.

## 2. BIOLOGIE DE LA RESSOURCE

### 2.1 Taxinomie

Le troca exploité dans l'Indo-Pacifique a pour nom scientifique: Trochus niloticus L. Le nom d'espèce évoquant le Nil est dû à une erreur d'Aldrovandus qui, lors de la première description en 1606, l'a confondu avec un autre gastéropode du fleuve égyptien (Hedley, 1917). Linnée a repris le nom "niloticus" en 1767; depuis, d'autres auteurs lui ont attribué des noms divers; parmi ceux-ci, citons :

Trochus spinosus Gmelin, 1791
Trochus flammeus Bolten, 1798
Trochus zebra Perry, 1811
Trochus marmoratus Lamark, 1822
Astralium pagodus Wood, 1879
Trochus montebelloensis Preston, 1914

En résumé, sa classification s'établit comme suit :

| | |
|---|---|
| Phylum : | MOLLUSCA |
| Classe : | GASTROPODA |
| Sous-classe : | PROSOBRANCHIA |
| Ordre : | ARCHAEOGASTROPODA |
| Super-famille : | TROCHACEA |
| Famille : | TROCHIDAE |
| Genre : | TROCHUS |
| Espèce : | NILOTICUS |

## 2.2 Distribution géographique

La distribution naturelle des trocas, liée à la présence de formations récifales, est comprise dans la ceinture intertropicale, entre les îles Andaman de l'Océan Indien et les îles Fidji et Wallis du Pacifique. L'aire naturelle dans le Pacifique ouest était limitée par un axe oblique allant de Palau à Wallis. Depuis 1927, de nombreuses transplantations on été réalisées avec succès et ont permis d'agrandir très loin vers l'Est l'habitat actuel des trocas. (figure 1).

## 2.3 Habitat

Les trocas vivent sur les récifs coralliens et plus précisément sur les platiers constitués de débris de coraux morts. Les densités maximales sont généralement présentes sur les dalles massives de corail mort parsemées de blocs de coraux recouvert d'une fine pellicule constituée de petites algues, de diatomées et de foraminifères. Les gros trocas habitent principalement la partie récifale exposée au vent, sauf si la topographie du platier de bordure est trop uniforme (Smith, 1979). Leur pied musculeux leur permet d'adhérer fortement au substrat et, par conséquent, de résister à une forte agitation hydrodynamique tout en bénéficiant d'une oxygénation optimale.

La tranche bathymétrique favorable à cette espèce se situe dans les dix premiers mètres (Gail, 1957), mais il est possible de trouver des trocas jusqu'à 24 m (Mc Gowan,1956). Une forte corrélation négative a été établie par Heslinga (1984) entre la densité des trocas et les sept premiers mètres de pente récifale sur des zones exploitées à Palau.

De nombreux auteurs ont constaté une ségrégation des tailles depuis le littoral jusqu'au bord du récif (figure 2). Les jeunes trocas se trouvent principalement sur les platiers intertidaux et les plus âgés dans la zone subtidale et la pente récifale. Cette ségrégation est très probablement expliquée par la dispersion des larves au cours de leur stade pélagique. La lente migration des trocas au cours de leur croissance vers la crête puis la pente externe du récif pourrait être d'origine trophique. Les besoins énergétiques pour ces

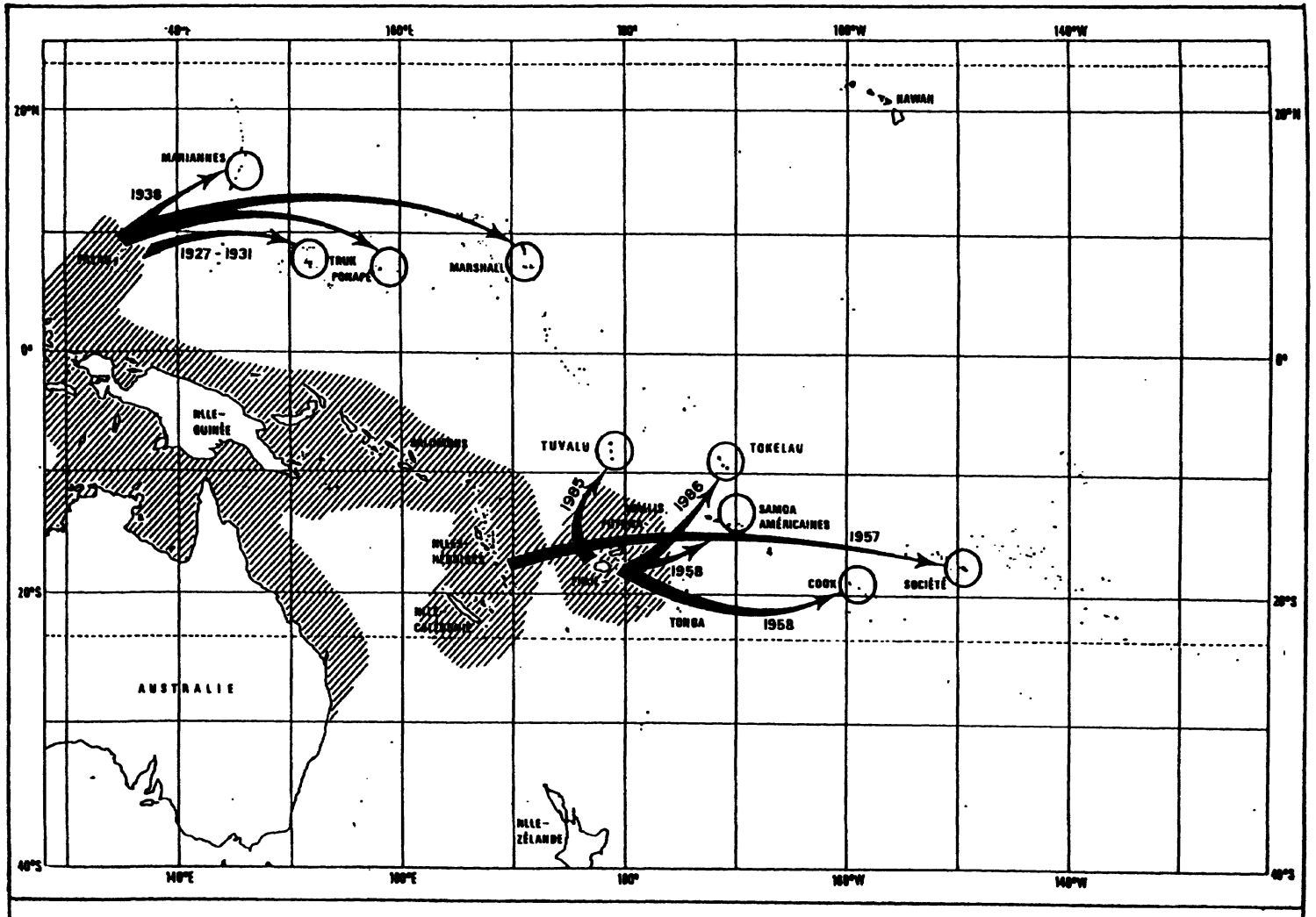



Figure 1 : Transplantations de trocas dans divers archipels du Pacifique ouest-tropical. (La zone hachurée est l'aire de répartition naturelle).
*Transplantation of trochus to islands in the west-tropical Pacific. (The stippled area is the natural habitat).*

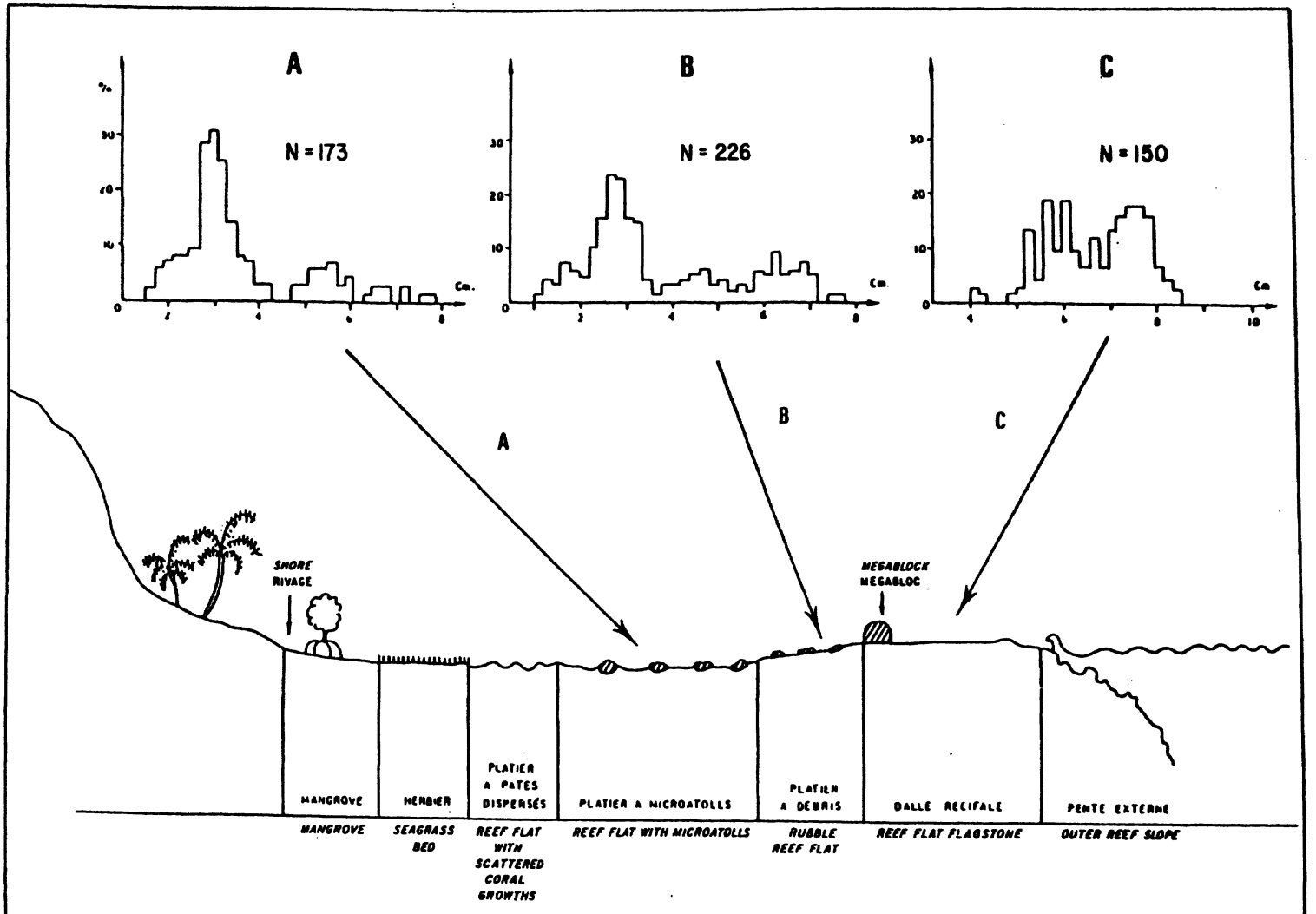



Figure 2 : Répartition des tailles de trocas sur le platier d'Unia (Nouvelle Calédonie).
*Trochus size repartition on Unia reef flat (New Caledonia).*

animaux, dont la coquille atteindra 150 à 200 g en 4 années, sont certainement très importants or, l'épibiose végétale dont ils se nourrissent est plus abondante sur la bordure externe du platier récifal. Il n'est pas exclu que les trocas eux-mêmes, par leur migration trans-récifale, profitent des phénomènes d'enrichissement de zones privilégiées du récif, expliqués par la théorie de l'endo-upwelling (Rougerie, et al., 1985).

### 2.4 Nutrition

La radula des trocas comporte environ 150 dents. Elle permet donc le broutage du film épibiotique recouvrant les débris de coraux morts. Asano (1944) a trouvé dans les contenus stomacaux de 20 spécimens, mesurant de 60 à 75 mm, des Foraminifères, des Cyanophycées et Phaeophycées en abondance et d'autres petites algues rouges et vertes en moindre proportion, mélangées à une grande quantité de sable.

### 2.5 Reproduction

Les trocas sont à sexes séparés mais aucun caractère sexuel secondaire externe ne permet de les distinguer. Il faut casser l'apex de la coquille pour faire apparaître la gonade qui, à maturité, est de couleur vert foncé chez la femelle et blanc laiteux chez le mâle. Amirthalingam (1932) note une différence sur les coupes longitudinales des coquilles d'adultes : les cavités de la coquille mâle sont plutôt ovales avec des angles obtus alors que chez la femelle elles seraient plus anguleuses et les angles moins obtus.

Une façon rapide de définir le sexe d'un troca adulte au laboratoire sans sacrifier l'animal est décrite par Hoffschir (1988) : on oblige le troca vivant à se rétracter loin dans sa coquille en pressant avec le pouce sur son opercule et en le maintenant au-dessus d'une cuvette. L'animal va faire jaillir une partie de l'eau contenue dans sa cavité paléale; l'examen au microscope de quelques gouttes de cette eau permet en général de déceler des spermatozoïdes et parfois des ovocytes verts. Cette méthode très simple à mettre en oeuvre est fiable à 99% lors de la saison de ponte; elle présente un grand intérêt pour la sélection de géniteurs destinés à obtenir des pontes pour l'aquaculture.

Les auteurs s'accordent pour dire que le sex-ratio est en général équilibré; aucun n'a mis en évidence un changement possible de sexe comme cela est observé chez certains mollusques.

La figure 3 montre la disposition de la glande génitale disposée en lamelle recouvrant en partie l'hépatopancréas et terminant le tortillon. Les oeufs tombent dans la cavité rénale droite accolée à l'estomac puis passent dans un canal glandulaire qui suit le rectum pour aboutir à un pavillon étalé, correspondant à l'orifice de ponte (Risbec, 1930).

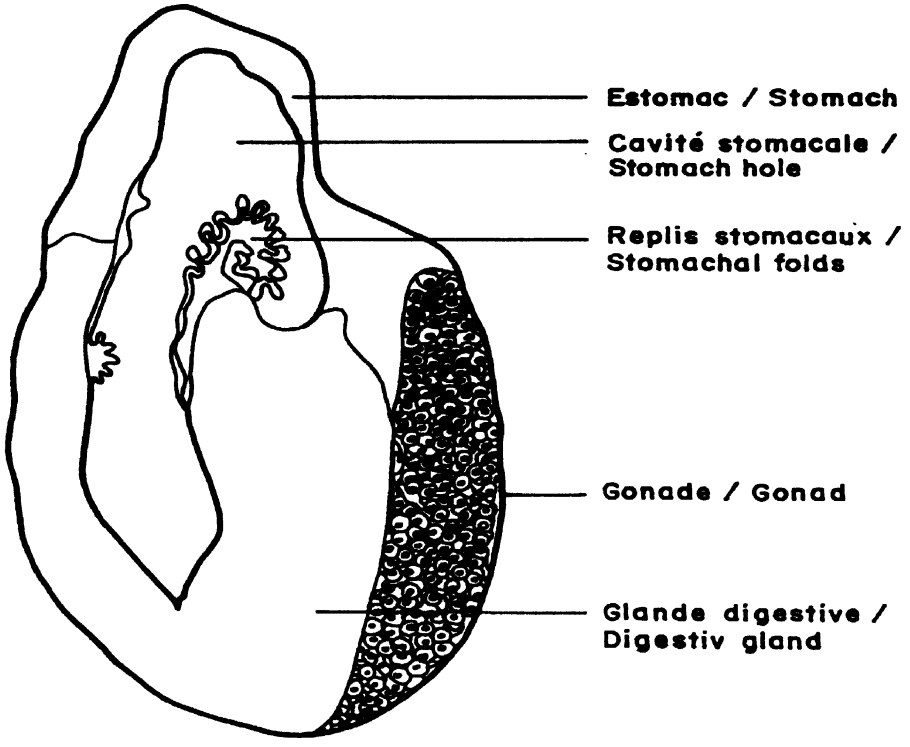



**Figure 3 : Coupe transversale du tortillon.**
***Cross-section of the wisp.***

La fécondation est externe, les gamètes sont donc émises dans l'eau de mer ambiante à une période liée aux phases de la lune. Le comportement de reproduction et le développement larvaire des trocas sont bien connus depuis les travaux de Heslinga et Hillmann (1981) à Palau et de Nash (1985) sur la Grande Barrière Australienne.

Deux ou trois jours avant la ponte, l'activité nocturne des trocas augmente. Les mâles émettent en premier leurs gamètes; ce qui, dans les dix à soixante minutes qui suivent, peut déclencher la ponte des femelles mais pas obligatoirement. Chaque femelle peut émettre des oeufs pendant 10 à 20 minutes. Nash (1985) distingue deux modes d'émission des gamètes; l'un dit actif, donne lieu à une extension verticale du siphon vers la surface et à une expulsion forcée des produits sexuels par des contractions spasmodiques, aussi bien chez le mâle que chez la femelle. L'autre mode, dit passif, correspond à un écoulement régulier des gamètes par le siphon qui ne présente alors aucune posture particulière. Ce comportement doit avoir des conséquences sur l'intensité de la dispersion des oeufs et permettre soit la colonisation du récif soit le maintien des juvéniles dans l'environnement parental.

La ponte a lieu toute l'année sur les récifs de Micronésie, d'Australie et aux Iles Andaman (Rao, 1937). Une saison de ponte est bien marquée en Nouvelle Calédonie, pendant les mois chauds d'octobre à avril (Bour et al., 1988); elle serait donc en rapport avec la température ambiante de l'eau de mer. Le réchauffement artificiel de l'eau est d'ailleurs un moyen facile de déclencher la ponte de trocas en bassin.

La ponte est nocturne; à Palau, elle se produit en général quelques jours avant la nouvelle lune; sur la Grande Barrière, elle a lieu habituellement quelques jours avant ou après soit la pleine lune soit la nouvelle lune.

D'après Nash (1985), la ponte pourrait être répétée à chaque lunaison mais avec des femelles différentes; chaque femelle pourrait pondre tous les 2 à 4 mois.

La fécondité des trocas mâles, évaluée par la quantité de sperme émise, peut être très variable quelque soit la taille et ne semble pas diminuer avec l'âge.

La fécondité des femelles a été étudiée de différentes manières :

- Heslinga (1981) a utilisé le poids sec des ovaires mûrs et le poids sec moyen des ovocytes.

- Nash (1985) a mis au point une méthode originale basée sur l'estimation du volume de la gonade à partir d'une coupe mince effectuée sur l'organe congelé et sur laquelle sera mesuré par procédé photographique le rapport des surfaces glande digestive/ gonade. Une étude préalable a permis de définir la localisation sur la gonade de la coupe indicatrice permettant d'en déduire son

volume. La fécondité a aussi été mesurée par le dénombrement des ovocytes pondus par des femelles en captivité.

- Bour (1988) a mesuré le poids frais des gonades mûres après dissection de ces dernières et a procédé à des comptages d'ovocytes sur des échantillons de gonades pesés et placés plusieurs mois dans du liquide de Gilson pour favoriser la dissociation du stroma ovarien et durcir les ovocytes.

Les résultats obtenus par ces auteurs sont les suivants :

Heslinga : 2 millions d'ovocytes pour une femelle de 10 cm de diamètre.

Nash : une moyenne de 1 million d'oeufs pondus par des femelles de la classe 86-100 mm.

Bour : sur un échantillonnage de 596 femelles mâtures, les fécondités moyennes par classe de taille s'établissent ainsi :

| Diamètre moyen(cm) | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fécondité moyenne (x1000) | 511 | 562 | 592 | 660 | 690 | 974 | 3003 |

## 2.6 Développement larvaire

Les oeufs fécondés sont recouverts d'un épais chorion qui protège l'embryon, future larve trochophore. Après l'éclosion, cette trocophore développe une coquille larvaire (protoconque) et nage vers la surface grâce à un velum cilié; elle est devenue une larve véligère lécitotrophe (se nourrissant sur ses réserves au cours de cette phase planctonique). Au bout de quelques jours, la véligère va se fixer sur un substrat favorable, perdre son velum (métamorphose) et commencer à ramper sur son pied en se nourrissant d'algues microscopiques. La coquille juvénile (téléoconque) opaque et denticulée commence sa première spire à la suite de la coquille larvaire translucide et lisse.

Heslinga et Hillmann (1981) ainsi que Nash (1985) ont fait des observations comparables sur la chronologie du développement larvaire des oeufs obtenus en bassins d'élevage.

| Stade | Heslinga et Hillmann (1981) | Nash (1985) |
|---|---|---|
| | Durée après fécondation | |
| Première division | 30 minutes | 55 minutes |
| Eclosion (trochophore) | 12 heures | 12-14 h |
| Début protoconque | 13 heures | 13-14 h |
| Début stade véligère | 20 heures | 21 h |
| Début stade juvénile | 60 heures | 60 h |

La durée de la phase planctonique peut être beaucoup plus longue et dépasser la semaine pour certaines véligères. Cette variabilité joue sûrement un rôle important dans la dispersion des larves et la colonisation de récifs éloignés du milieu parental. Heslinga et Hillmann (1981) ont montré que des véligères placées dans de l'eau de mer filtrée peuvent conserver leur couronne ciliée jusqu'à trois semaines alors que la métamorphose peut être induite par l'adjonction d'algues rouges coralliennes ou d'agents chimiques tels que l'acide gamma-aminobutyrique. Un chimiotactisme particulier permettrait donc aux véligères de reconnaître un milieu favorable pour sédimenter et se métamorphoser, avant l'épuisement de leurs réserves nutritives.

## 2.7 Croissance et survie des juvéniles

La vie postlarvaire des jeunes trocas est connue à partir des cohortes obtenues en aquaculture. La figure 4 montre les courbes de croissance obtenues par trois auteurs. La croissance des deux premiers mois est tributaire des ressources en nourriture disponible sur les paroies des bassins; elle peut varier du simple au double au cours de cette période (Heslinga et Hillmann, 1981). La courbe moyenne présente une forme sigmoïde caractéristique d'une croissance postlarvaire assez lente jusqu'à l'âge de quatre mois. La survie en captivité est particulièrement bonne; elle est de l'ordre de 20 % entre l'éclosion et l'âge de 2 mois, elle se maintient autour de 10 % à quatre mois.

## 2.8 Taille à la première maturité

La cohorte F1 obtenue à Palau a été élevée jusqu'à la maturité sexuelle : 44 % des trocas > 50 mm ont pondu. Dans la nature, l'observation de l'état de maturité de la gonade a donné les résultats suivants par région : 60-70 mm aux îles Andaman, 50-60 mm en Australie, 54-65 mm en Nouvelle Calédonie et 55-65 mm à Palau. Ces résultats, relativement homogènes, donnent en moyenne 60 mm comme taille à la première maturité.

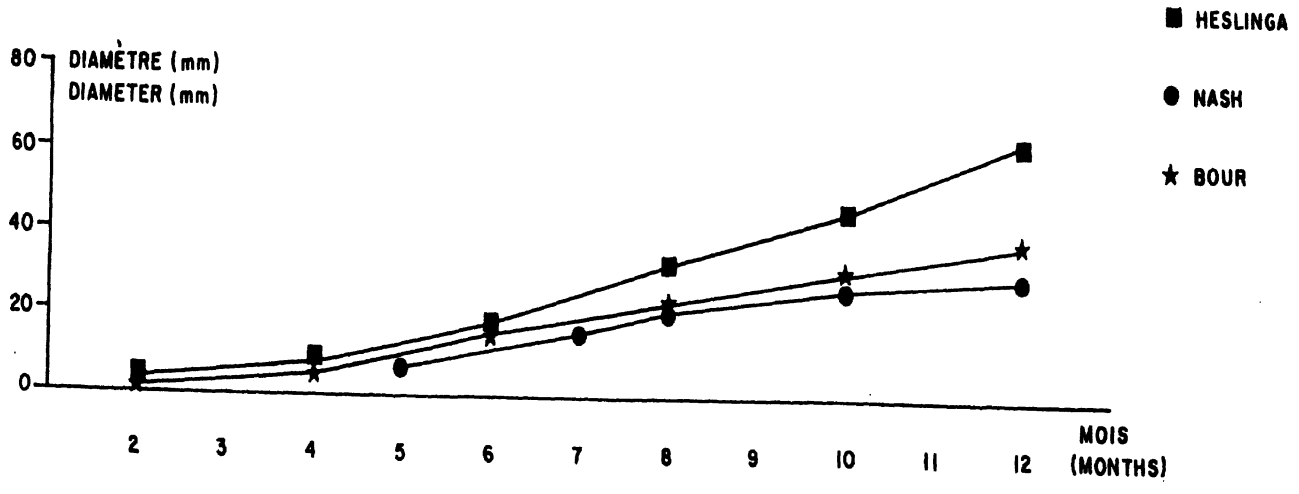



Figure 4 : Croissance des juvéniles de trocas d'après trois auteurs.
*Trochus juveniles growth from three authors.*

## 2.9 Courbes de croissance des trocas

Le caractère sédentaire de la vie des trocas a tout naturellement conduit les auteurs à choisir la méthode du marquage individuel et des recaptures successives pour connaître leur rythme de croissance. Comme ces gastéropodes peuvent supporter une exondation prolongée, les marques sont généralement fixées solidement aux coquilles à bord de l'embarcation avant de les remettre soigneusement en place sur le récif. Le type de marque utilisé a évolué avec les matériaux disponibles à l'époque de l'expérience. Citons entre autres :

| | |
|---|---|
| Rao (1936) : | plaque et fil de cuivre passée dans un trou de la coquille. |
| Asano (1940) : | plaque d'argent. |
| Gail (1958) : | plaque et rivet d'aluminium. |
| Bour (1982) : | étiquette plastique et vis en téflon. |
| Nash (1985) : | étiquette plastique et colle époxy. |
| Ken Honma (1987): | étiquette plastique et fil de nylon. |

La grandeur mesurée pour suivre la croissance est le grand diamètre de la base de la coquille. Rao a tenté d'utiliser l'accroissement de la spire mais sans grand succès. Les recaptures ont été espacées de un à six mois selon les auteurs et ont été renouvelées tant que le taux de recapture ne devenait pas négligeable. Généralement, plusieurs lots étaient marqués dans des zones diffèrentes du platier récifal.

Les courbes obtenues par diffèrents auteurs, dans des régions variées, sont représentées sur la figure 5. Les travaux récents ont utilisé le modèle de croissance de Von Bertalanffy qui décrit correctement la croissance rapide des jeunes trocas au cours des trois ou quatre premières années puis le ralentissement avec l'âge vers une taille limite théorique. L'équation générale de Von Bertalanffy, d'une dimension linéaire L en fonction du temps t, s'écrit :

$$L = Loo\,(1 - e^{-K\,(t - to)})$$

Les trois paramètres à définir sont :

Loo : valeur asymptotique théorique de L.
K : constante proportionnelle à la vitesse de croissance.
to : âge théorique pour lequel L est nul.

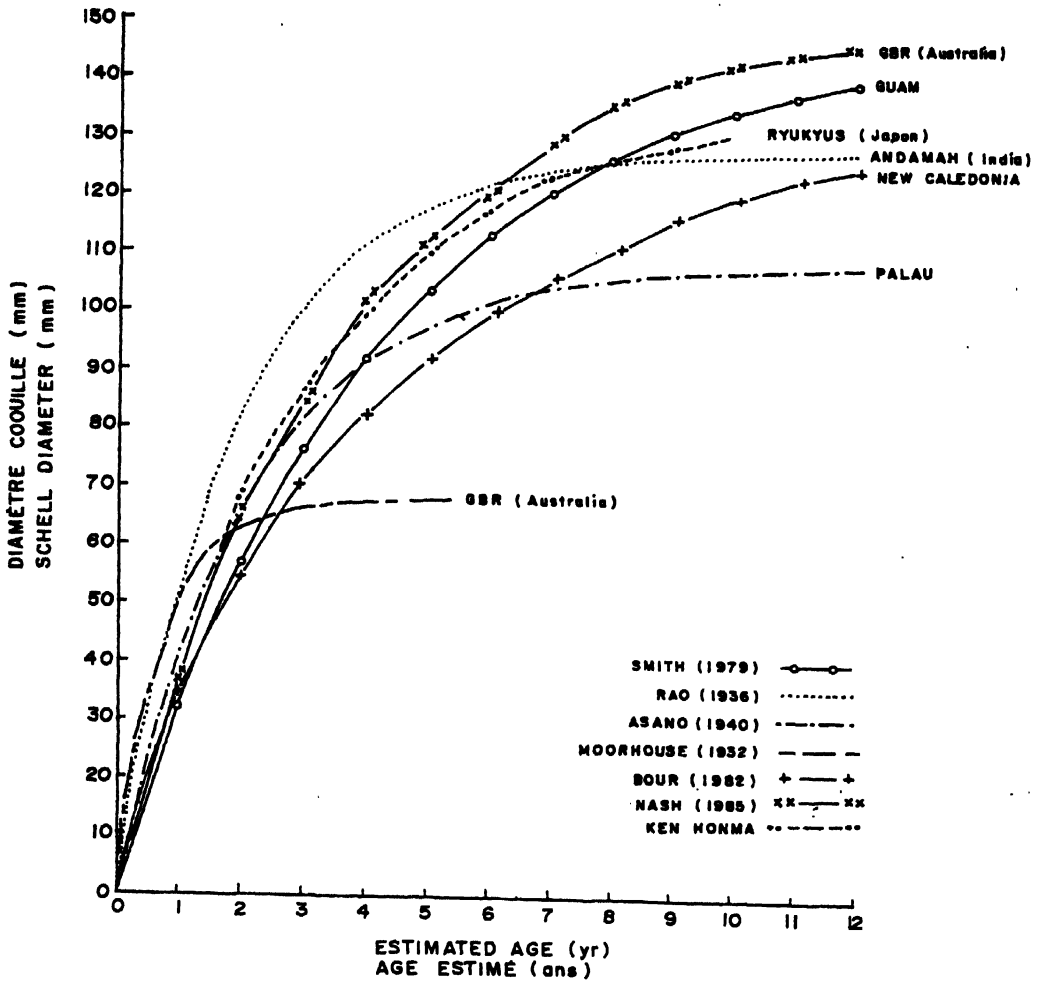



**Figure 5 :** Croissance des trocas adultes.
*Adults trochus growth.*

Les estimations de ces paramètres données par plusieurs auteurs, K de 0.11 à 0.66 et Loo de 8.7 à 16.1 cm, donnent une idée de la grande variabilité de la croissance suivant la localisation géographique, la composition du substrat et la saison. Il faut néanmoins préciser que les paramètres K et Loo sont sensibles à la gamme de tailles des trocas marqués et qu'une comparaison stricte des diffèrentes expériences nécessiterait une pondération entre les fréquences de tailles échantillonnées. Le paramètre to est généralement obtenu à partir des données de croissance de juvéniles nés en bassins à une date connue; Nash (1985) obtient des valeurs allant de 1.2 à 4.1 mois.

Rao et Raja (1936) avaient trouvé une croissance plus rapide pour les femelles, Nash (1985) a trouvé l'inverse.

Les plus grandes tailles de trocas observées dans le milieu naturel vont de 150 à 165 mm de diamètre (un individu de cette dernière taille a été pêché à Ouvéa, Nouvelle Calédonie; il serait âgé de plus de 20 ans).

La croissance des trocas semble donc très dépendante de l'environnement : température de l'eau (latitude, saison), qualité du substrat et nourriture disponible. Heslinga (1981) a obtenu en élevage des coquilles de 6 cm en un an, une croissance deux fois plus rapide que dans le milieu naturel.

## 2.10 Estimation des mortalités

La mortalité naturelle a été évaluée pour les trocas de Nouvelle Calédonie (Bour et al., 1982) en traitant par les statistiques les trocas marqués retrouvés morts. La valeur moyenne annuelle est de 0.078 (approx. 0.1).

La mortalité totale (naturelle plus pêche) a été établie pour diffèrents récifs de la Grande Barrière Australienne (Nash, 1985) en analysant la structure de taille des échantillons. Le taux de mortalité totale annuelle varie entre 0.41 et 0.47.

La mortalité due à la pêche a pu être estimée en Nouvelle Calédonie (Bour et al., 1985) en utilisant l'analyse des cohortes sur les captures entre 1978 et 1984; cette mortalité a atteint 0.63 pendant la période de forte exploitation et a régressé à 0.12 par raréfaction de la ressource en fin de période.

### 2.11 Estimation du recrutement

D'observations faites sur la Grande Barrière, Nash (1985) conclut que le taux de recrutement des jeunes trocas est resté faible à toutes les stations. Le faible taux de régénération de stocks expoités 15 ans auparavant laisse supposer un recrutement très limité pendant plusieurs années dans cette région. On peut penser qu'en deça d'un certain seuil du stock parental, le recrutement se trouve gravement affecté et le stock exploitable a beaucoup de difficultés à remonter au point d'équilibre même avec de très faibles captures. Il y a surexploitation liée au recrutement.

## 3. PECHE ET REPARTITION DES STOCKS DANS LE PACIFIQUE SUD

### 3.1 Techniques de pêche et préparation des coquilles

Les zones récifales principalement colonisées par les trocas, lorsque le substrat est favorable, sont, nous l'avons vu, les platiers peu profonds souvent exondés à marée basse et les premiers mètres de la pente récifale; cette répartition conditionne la pêche qui se fait soit à pieds soit en plongée apnée.

L'animal est séparé de la coquille après cuisson ce qui a pour effet de détacher le muscle columellaire. Une autre technique pratiquée en Australie consiste à faire sortir la chaire par une forte pression d'eau, ce qui évite la phase de cuisson. Une lame spiralée à extrémité tranchante a été utilisée en Nouvelle Calédonie pour extraire l'animal frais avec un minimum de lésions; cette technique délicate ne peut s'appliquer qu'à des échantillons, pour l'étude de la maturité par exemple.

### 3.2 Description des principales pêcheries commerciales du Pacifique Sud

En dehors des grandes pêcheries de l'Indo-Pacifique (Indonésie, Philippines), il existe plusieurs pêcheries commerciales et de nombreuses pêcheries de subsistance dans les îles et archipels du Pacifique.

### 3.2.1 Iles et archipels de Micronésie

**PALAU, YAP**

D'après McGowan (1957 et 1958), l'exploitation commerciale existe à Palau et Yap depuis la colonisation germanique (1898-1914). Les statistiques de captures sont connues depuis 1915 (figure 6). Dans les années 1920-30, les exportations variaient entre 100 et 400 tonnes/an. Un déclin important a succédé à cette période; la fin de la seconde guerre mondiale a fait repartir l'exploitation mais à un niveau ne dépassant pas la centaine de tonnes.

Le stock est donc considéré comme surexploité en dépit d'importantes mesures de protection :

- Limite de taille dès 1920 : 7.6 cm
- Saison de pêche limitée à un mois par an.
- Sanctuaires à partir de 1958 d'après des recommandations de McGowan.
- Moratoires volontaires d'un an ou plus organisés par les pêcheurs de certains villages.

Des trocas ont été introduits avec succès à Ulithi et Ngulu depuis l'Ile de Yap, par des japonais. D'autres essais sur Woleai, Ifalick et Sorol ont été infructueux.

**GUAM, SAIPAN, TRUK, PONAPE**

La première introduction à Guam aurait été effectuée par un pêcheur avec des trocas de Saïpan (Smith, 1979); les autres îles ont fait l'objet de transplantations dans les années 1927 à 1931 organisées par l'administration japonaise (McGowan, 1957). Les publications d'Asano (traduites dans Izumi, 1987) donnent de nombreux détails sur ces transplantations. Elles furent effectuées avec le stock naturel de Palau. Les premières pêches auraient débuté en 1939 avec une récolte de 7 tonnes. La guerre a interrompu cette activité qui n'a repris qu'en 1948. La figure 7 indique les captures réalisées à Truk et Ponape jusqu'en 1956.

### 3.2.2 Papouasie Nouvelle Guinée

Parmi d'autres productions de coquilles de nacre, la Papouasie Nouvelle Guinée exploite les trocas et participe à la production mondiale depuis 1948. La courbe des exportations depuis cette date jusqu'en 1976 (Glucksman et al., 1982) montre un maximum de plus de 1000 tonnes en 1951 et des quantités variant entre 200 et 500 tonnes à la fin de cette période (figure 8). Un rapport récent (Wright, 1986) donne les quantités exportées entre 1980 et le début de 1986. Les tonnages annuels connus sont donc les suivants :

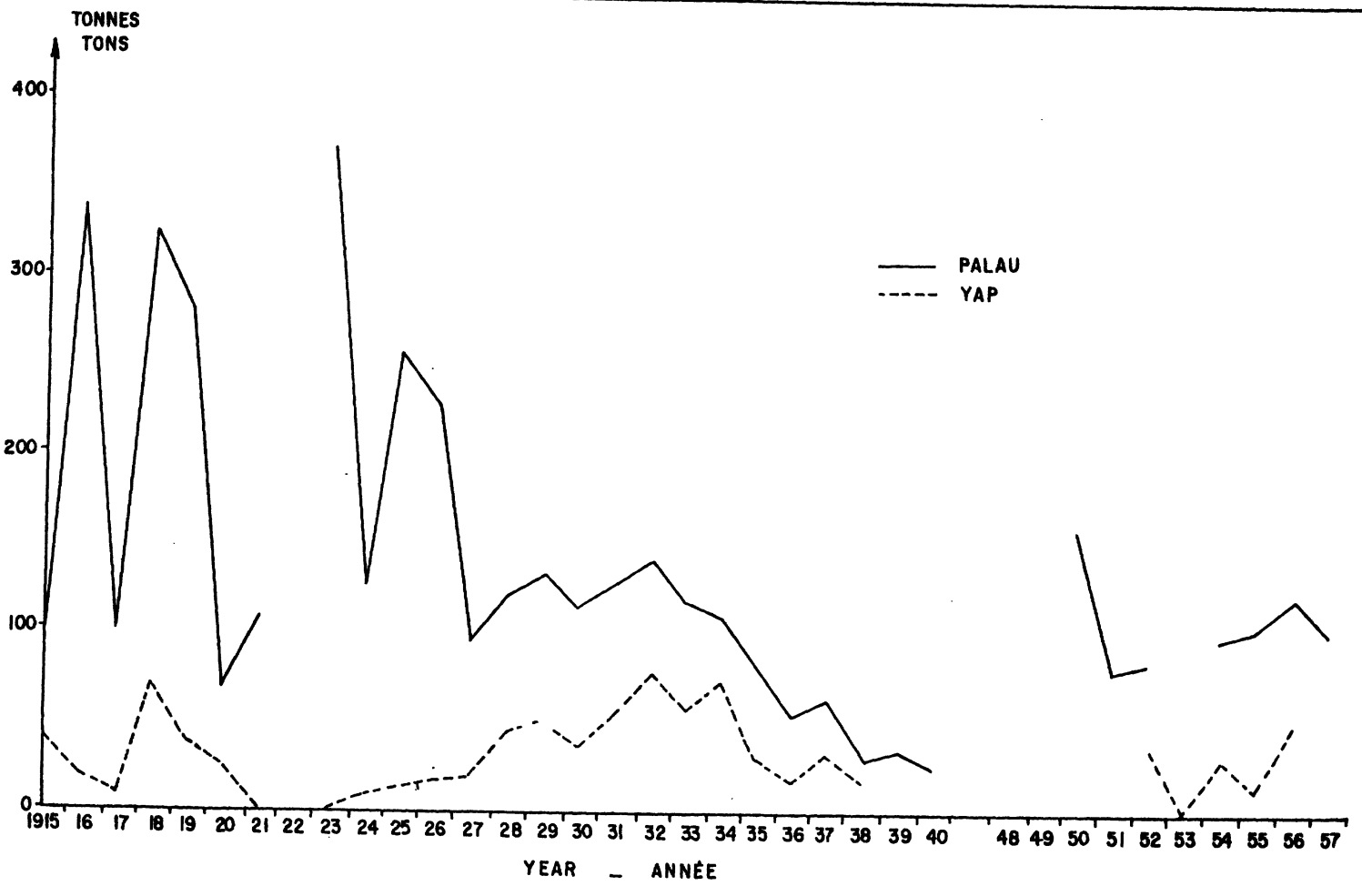



Figure 6 : Exportations de trocas de Palau.
*Trochus exports from Palau (Mc GOWAN, 1958).*

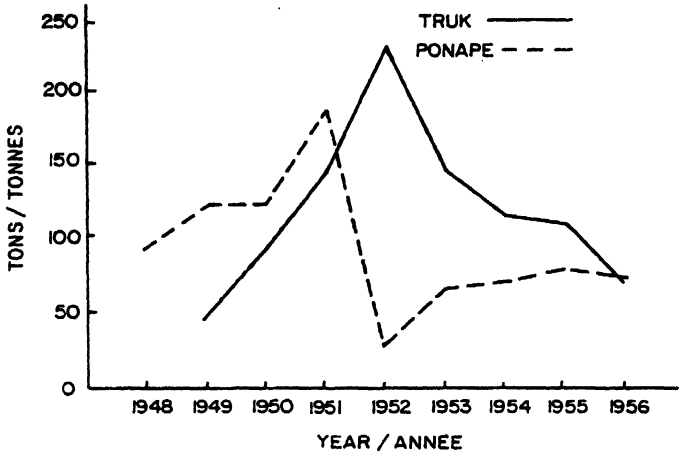



Figure 7 : Exportations de trocas de Truck et Ponape.
*Trochus exports from Truck and Ponape (Mc GOWAN, 1958).*

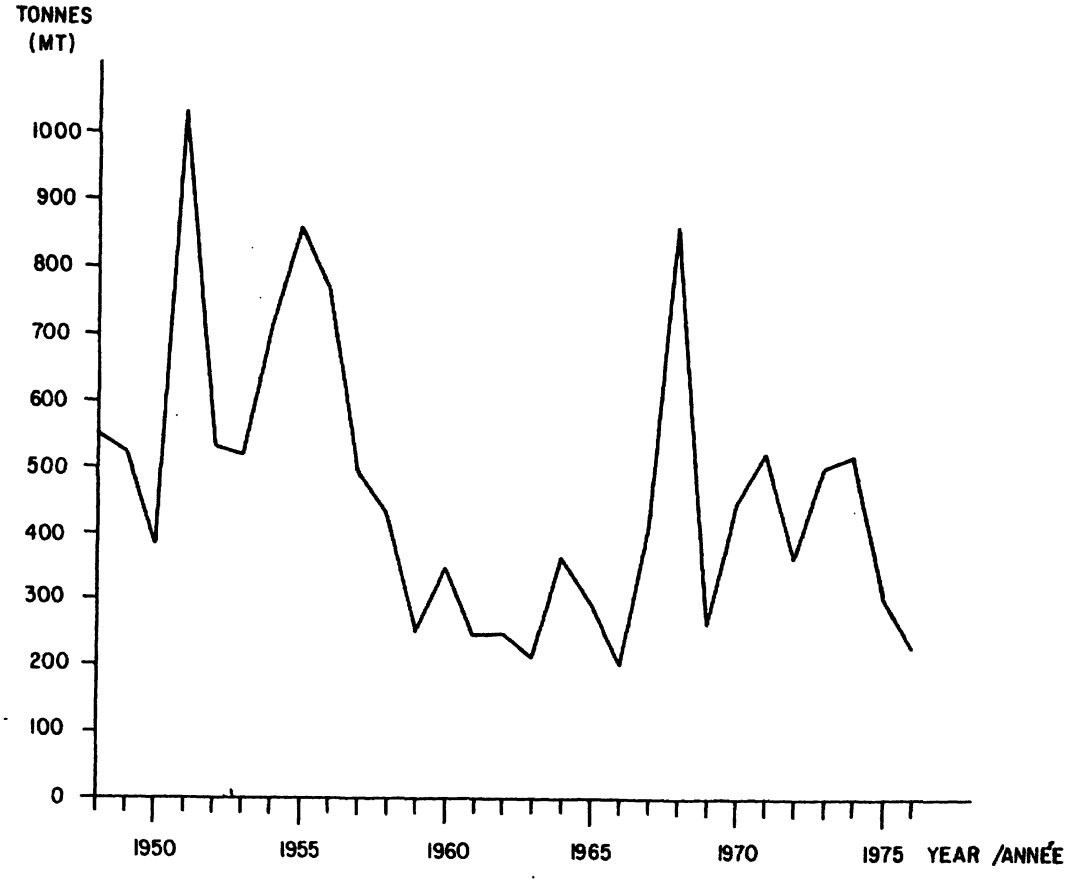



Figure 8 : Exportations de trocas de Papouasie Nouvelle Guinée.
Trochus exports from Papua New Guinea (Glucksman and Lindholm, 1982).

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1980 | : | 327 | MT | 1983 | : | 357 | MT |
| 1981 | : | 188 | | 1984 | : | 310 | |
| 1982 | : | 278 | | 1985 | : | 450 | |

### 3.2.3 Iles Salomon

Les exportations réalisées entre 1972 et 1986 ont été fournies par le Ministère des Ressources Naturelles à Honiara. La figure 9 montre l'évolution avec un pic de 566 tonnes en 1976, une chute brutale en 1978 et une remontée progressive jusqu'à une valeur record de 662 tonnes en 1986. Le prix de la tonne a été multiplié par dix au cours de cette période.

### 3.2.4 Vanuatu

La récolte des trocas à Vanuatu remonte au début du siècle. Les statistiques douanières à l'exportation sont connues depuis 1969 (figure 10). Elles ont atteint un maximum en 1978 avec 271 tonnes et sont devenues nulles en 1983-84 lorsque la production a été traitée sur place par l'industrie locale d'ébauches de boutons. C'est l'île de Malekula et le groupe des Banks qui fournirent l'essentiel de cette production, laquelle reste très irrégulière d'une île à l'autre.

Une enquête sur la pêche villageoise a permis à David (1985) d'établir le nombre de pêcheurs de trocas par île. Les principales sont :

| | | ** |
|---|---|---|
| - Malekula | 694 | (34) |
| - Epi | 223 | (100) |
| - Tongoa | 177 | (90) |
| - Efate | 173 | (17.5) |

** Entre () : pourcentage des pêcheurs de trocas parmi l'ensemble des pêcheurs.

### 3.2.5 Australie

La pêche des trocas sur les récifs de la Grande Barrière a commencé en 1912 dans la région du Détroit de Torres (Nash, 1985). La production a dépassé 1000 tonnes en 1927 puis a diminué régulièrement jusqu'à la seconde Guerre Mondiale (figure 11). Une nouvelle production importante s'est instaurée dans les années 1950-55 mais est retombée à moins de 200 tonnes en 1962. La fluctuation des captures n'est pas liée principalement au prix de vente, comme le montre la Fig. 11.

**Figure 9 :** Exportations de trocas des îles Salomon.
*Trochus exports from Salomon Islands (Nat. Res. Minist., 1986).*

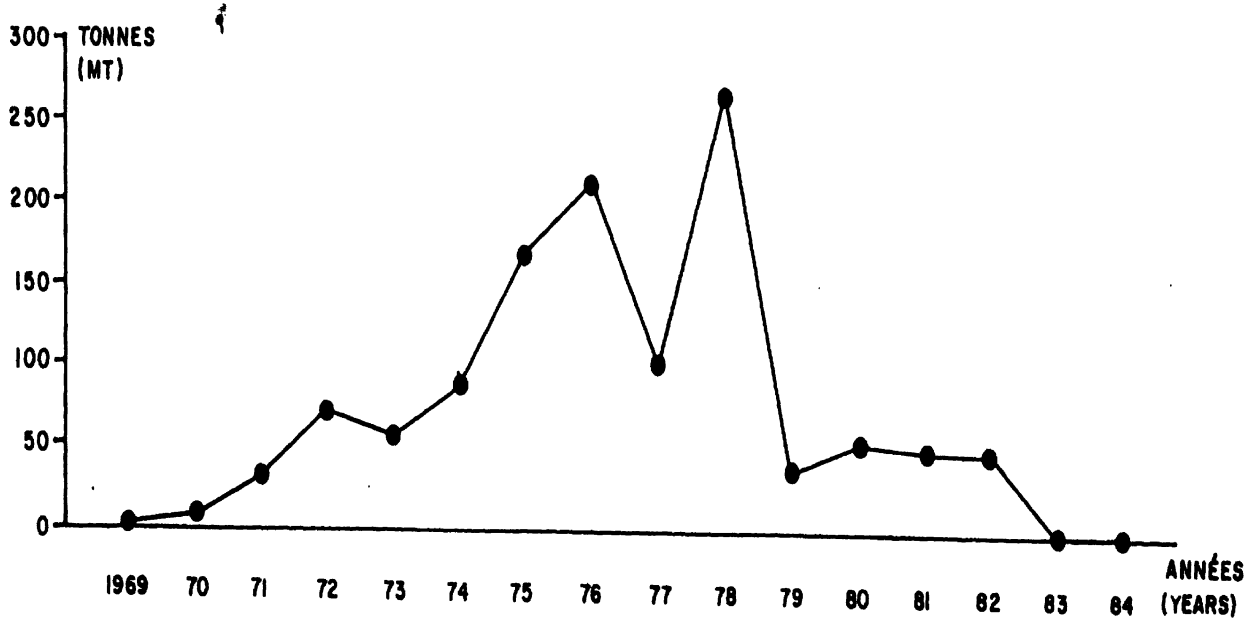



Figure 10 : Exportations de trocas de Vanuatu (BOUR et GRANDPERRIN, 1985)
*Trochus exports from Vanuatu.*

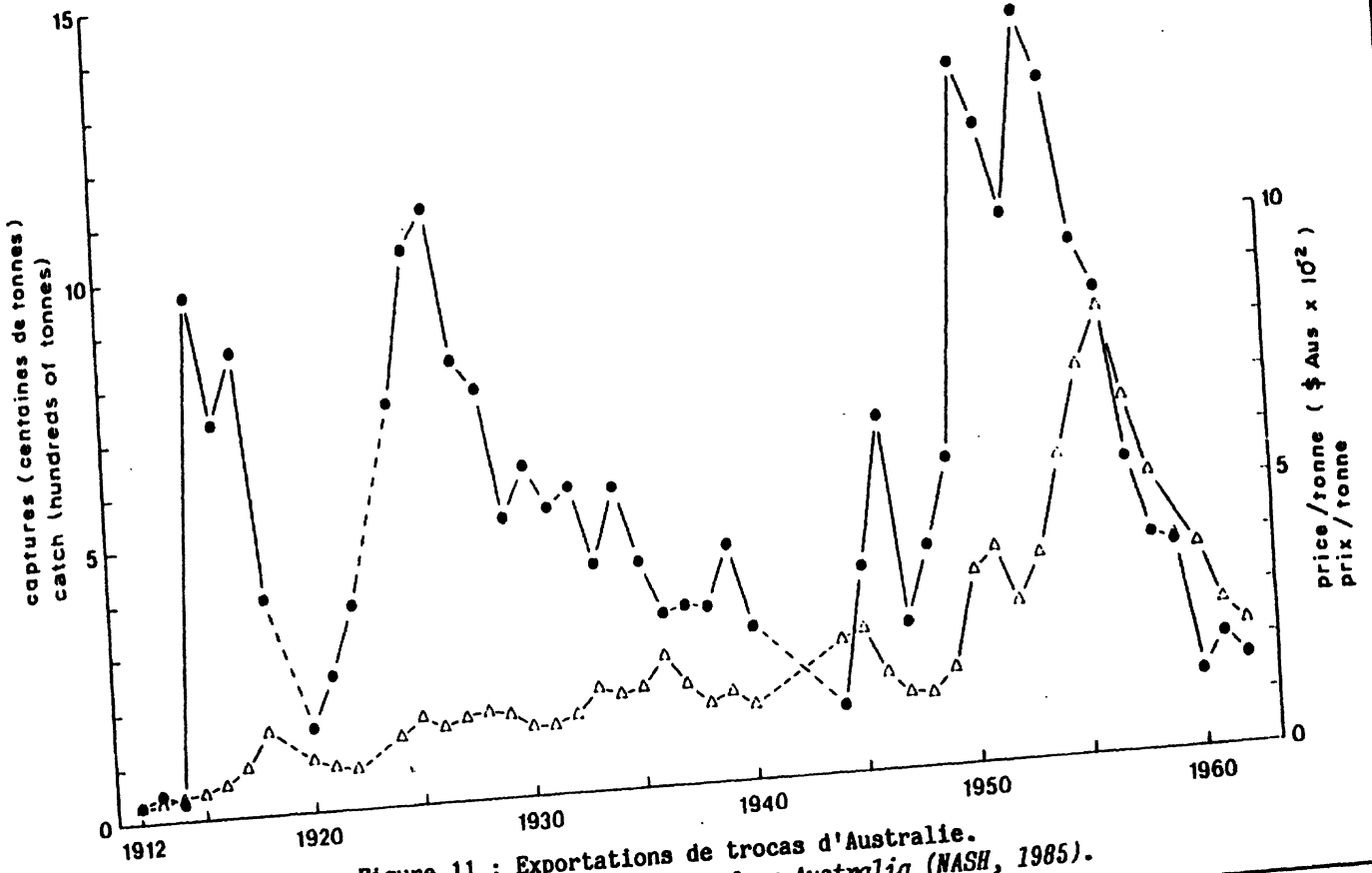



Figure 11 : Exportations de trocas d'Australie.
*Trochus exports from Australia (NASH, 1985).*

La raréfaction des trocas disponibles sur le marché mondial a favorisé la reprise de la pêche dans la région de Cairns en 1978. Les captures sont restées à un niveau faible, moins de 100 tonnes par an. Seulement quatre bateaux étaient en activité de 1981 à 1983. La pêche a virtuellement cessé en 1984. L'éloignement des récifs de la Grande Barrière et les difficultés qui en découlent, ont probablement placé cette activité au dessous du seuil de rentabilité. La législation en vigueur, établie en 1932, autorise la pêche des trocas dont la taille est supérieure à 6 cm de diamètre.

### 3.2.6 Nouvelle Calédonie

Les quantités exportées sont connues depuis 1907 (figure 12). Cette pêcherie a connue trois périodes florissantes :

- 1918-1940 : Les captures oscillaient entre 200 et 1000 tonnes par an. Une petite industrie de la nacre a existé à Nouméa vers 1920.

- 1946-1960 : L'après-guerre fait repartir la pêche à des niveaux excessifs d'où une chute brutale entre 1954 et 1960. Le "boom" minier des années soixante a contribué à maintenir les captures à un niveau très faible jusqu'à la crise minière du début des années soixante-dix.

- 1975-1984 : Les difficultés de l'industrie minière ont reporté une grande partie de la main-d'oeuvre des villages sur les activités de pêche, en particulier celle des trocas dont le stock, laissé au repos une dixaine d'années, se trouvait à un niveau maximum. Les captures sont montées à un niveau record en 1978 avec 1915 tonnes, soit environ le tiers de la production mondiale de cette époque (Bour et Hoffschir, 1985). En dépit d'un marché porteur et d'un effort de pêche soutenu, les exportations actuelles restent inférieures à 350 tonnes. La règlementation porte uniquement sur la taille; jusqu'à 1983, le diamètre minimal était de 8 cm, une double limitation a été établie ensuite, entre 9 et 12 cm, pour protéger les premières pontes et celles des individus âgés aux coquilles dépréciées.

### 3.2.7 Fidji

L'archipel des Fidji fait partie de la zone d'extension naturelle des trocas, ils sont donc l'objet d'une exploitation artisanale orientée vers l'exportation des coquilles. Les quantités exportées vers le Japon sont connues depuis 1970 (Source: IUCN), (en tonnes métriques : MT).

| | | |
|---|---|---|
| 1970 : 81 MT | 1974 : - MT | 1978 : 87 MT |
| 1971 : 44 | 1975 : 7 | 1979 : 106 |
| 1972 : 50 | 1976 : 31 | 1980 : 148 |
| 1973 : 71 | 1977 : 46 | 1981 : 166 |
| | | 1982 : 220 |

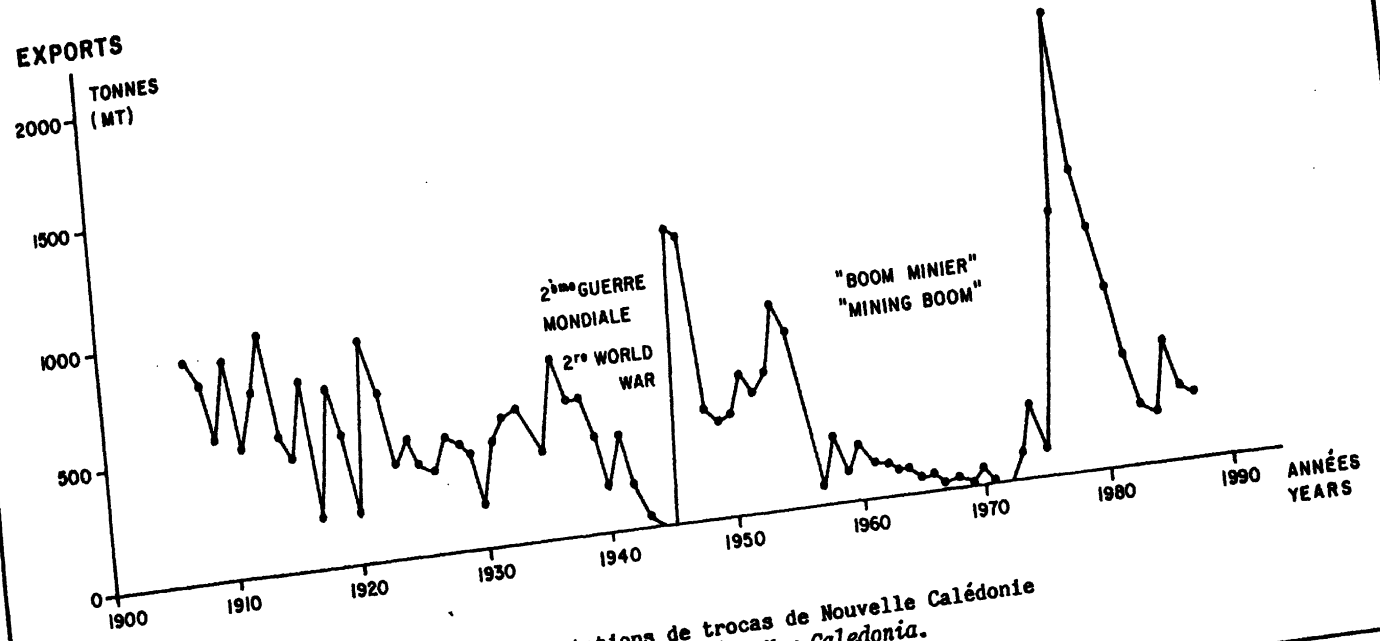



Figure 12 : Exportations de trocas de Nouvelle Calédonie
*Trochus exports from New Caledonia.*

Le rapport annuel 1986 de la Division des Pêches Fidjienne donne des chiffres d'exportation globale entre 1981 et 1986 :

| | |
|---|---|
| 1981 : 182 MT | 1984 : 340 MT |
| 1982 : 219 | 1985 : 274 |
| 1983 : 334 | 1986 : 233 |

La règlementation de taille, si elle existe, n'est pas connue.

### 3.2.8 Polynésie francaise

Introduit sur les récifs de Tahiti en 1957, l'exploitation commerciale n'a débuté qu'en 1971 (Yen, 1985). Le stock initial a été estimé à plus de 2500 tonnes. La pêche est règlementée en réserves tournantes sur 3 ans et fait l'objet d'un quota annuel. La figure 13 donne l'évolution des captures et du quota entre 1971 et 1983. Une forte diminution du stock a été observée en 1984. Les tailles autorisées sont comprises entre 8 et 12 cm.

### 3.2.9 Iles Cook

L'introduction a eu lieu en 1957 sur l'atoll d'Aitutaki, à partir de 40 trocas transplantés de Fidji (Sims, 1985). L'exploitation n'a commencé qu'en 1981 avec un quota de 30 tonnes et une ouverture de la pêche pour trois mois. En fait, 200 tonnes furent capturées pendant une quinzaine de mois. Une nouvelle saison a été ouverte en 1983 et a produit 36 tonnes. Bien que le quota ait été fixé à 20 tonnes en 1984, 46 tonnes ont été pêchées en 12 jours. L'introduction dans les îles Makatea du Sud n'a pas été couronnée de succès. Les tailles autorisées sont comprises entre 8 et 12.5 cm; la limite supérieure a été abaissée à 11 cm en 1984.

## 3.3 Introductions récentes

La description précédente des principales pêcheries a mis en relief que plusieurs d'entre elles résultent d'introductions effectuées plusieurs décennies auparavant. L'Annexe, compilée par Gillett (1986), donne un excellent résumé de ces opérations. On constate que ces transplantations, commencées dans les années 30-40 en Micronésie, ont surtout été réalisées dans les années 50-60 et redeviennent d'actualité depuis 1981. Dans le passé, les introductions se sont faites sur de longues distances, en opérations inter-archipels pourrait-on dire; elles ont porté loin vers l'Est l'aire de répartition naturelle de l'espèce. Actuellement, en parallèle, se développent des opérations intra-archipels visant à peupler les îles voisines du premier point d'introduction.

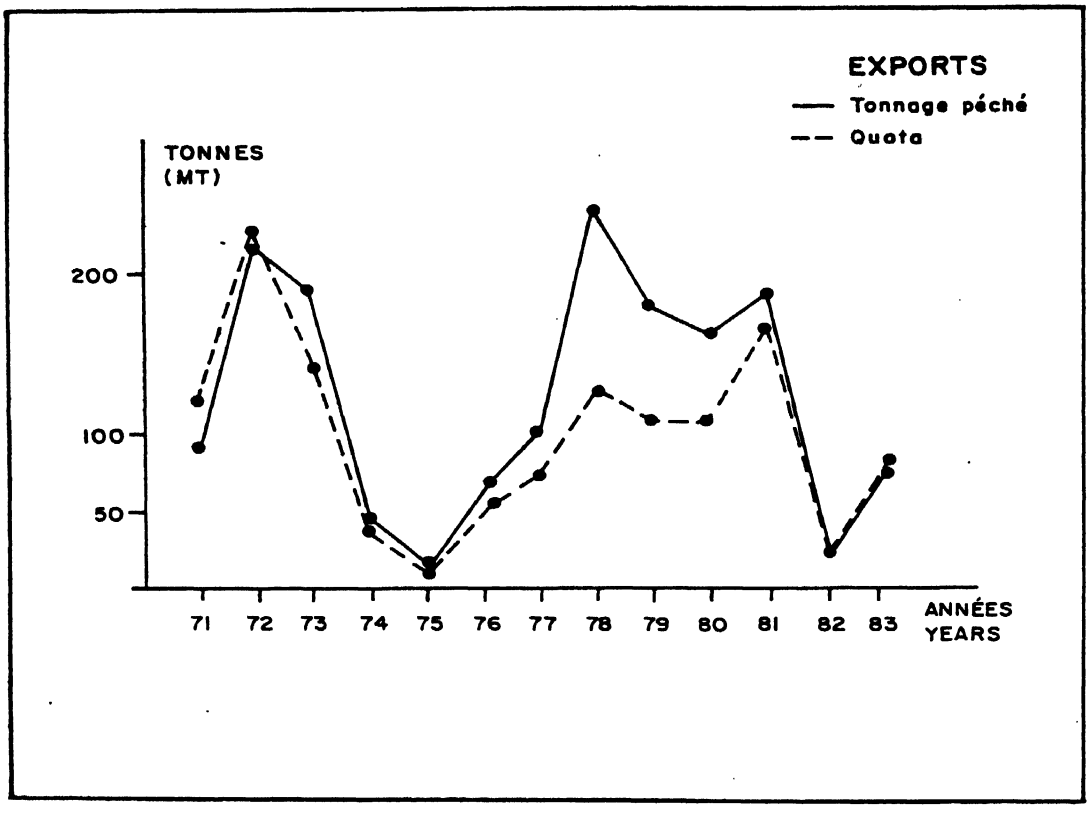



Figure 13 : Exportations de trocas de Polynésie Française (YEN, 1985).
*Trochus exports from French Polynesia.*

Les bonnes connaissances actuelles sur la biologie des trocas et leurs exigences écologiques permettent d'envisager des introductions qui ont de meilleures chances de réussite que par le passé. Une opération récente entre Fidji et Tokelau (Gillett, 1986) a montré l'importance des précautions à prendre dans la manipulation et les conditions de transport des coquilles, en particulier dans l'oxygènation de l'eau si le délai de route dépasse 2 jours.

Jusqu'à présent, aucune conséquence nuisible patente n'a été signalée à la suite de ces transplantations. Seul Sims (1984) note une compétition possible avec Turbo setosus sur Aitutaki. Ce constat favorable conduit à encourager de nouvelles introductions comme le fait Parkinson (1984) pour Tuvalu.

## 4. MARCHE MONDIAL DES TROCAS

### 4.1 Production

La production mondiale de coquilles de trocas varie selon les auteurs entre 3000 et 6000 tonnes par an. En dehors du Pacifique Sud, les autres pays producteurs sont l'Indonésie, les Philippines, l'Inde et la Thailande.

Le tableau 2 résume les chiffres donnés par Carleton (1984) dans une étude économique consacrée aux trocas, en particulier pour le marché japonais.

**TABLEAU 2**

Importations de trocas au Japon (d'après Carleton, 1984)

| | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tonnages importés (MT) | 1806 | 2579 | 1893 | 2214 | 2088 | 2069 |
| Origine Asie (%) | 34 | 33 | 36 | 28 | 36 | 35 |
| Origine Pac. Sud (%) | 66 | 67 | 64 | 72 | 64 | 65 |

Ce tableau montre que les Pays du Pacifique Sud ont fourni environ les 2/3 du marché japonais et que cette production globale est restée relativement stable pour la période considérée en dépit des fluctuations de production de chacun des pays concernés. Par exemple, la part de la Nouvelle Calédonie a oscillé entre 5 et 33 %, celle des Iles Salomon entre 8 et 22 %.

En dehors du Japon, les autres Pays importateurs sont : Singapour, la République Fédérale d'Allemagne, Hong kong, l'Espagne, l'Italie, la France et le Royaume Uni.

La qualité de la coquille varie avec les zones de production. C'est le troca indonésien, appelé Macassar, qui est considéré comme le meilleur pour la qualité de sa nacre; il sert de standard pour fixer le prix des autres qualités. Son prix d'achat par le Japon était de 1 000 US$ la tonne métrique en 1977. En 1982, il valait près de 2 000 US$ alors que les trocas du Pacifique Sud étaient achetés entre 1 200 et 1650 US$ la tonne métrique.

### 4.2 Utilisation des coquilles

L'essentiel de la production de coquilles brutes est utilisé pour la fabrication de boutons de nacre. Les déchets sont utilisés en joaillerie et en marquetterie.

Pour la période 1978-1981, le Japon a fabriqué en moyenne 75 tonnes de boutons par an, soit environ 136 millions de pièces achevées. La moitié a été exportée vers Hong Kong et le reste vers les USA et l'Europe (Carleton, 1984).

### 4.3 Evolution des prix

Nous l'avons vu plus haut, le prix d'achat des coquilles brutes par le Japon a doublé entre 1977 et 1982 où il atteint 2US$ par kg. La déquote des trocas du Pacifique face aux trocas indonésiens s'est réduite au cours de cette période; elle est passée de 44 à 25 %.

Les prix cités par Carleton, pour les ébauches et les boutons achevés, permettent de se faire une idée de la plus-value apportée par le façonnage des coquilles brutes :

- les ébauches ont été négociées entre 11 et 37 US$ par kg, suivant le Pays d'origine, entre 1978 et 1982.

- les boutons terminés étaient vendus, en 1978, par le Japon 37 US$ le kg et 48 US$ en 1981, soit une moyenne de 9 % d'augmentation par an.

# 5. ESTIMATIONS QUANTITATIVES DES STOCKS

## 5.1 Mesures directes par les densités

Une méthode efficace pour apprécier l'état d'un stock de trocas et suivre son évolution, consiste à réaliser des comptages en plongée sur les récifs, le long de radiales ou sur une surface connue. L'échantillonnage rapporté à une unité de surface donne une densité permettant de comparer les stations entre elles.

## 5.2 Techniques de mesure des densités

Le comptage à vue est réalisé soit en plongée apnée soit en scaphandre autonome. Sur les platiers exondés, les radiales peuvent parfois se faire à pieds. Les trocas étant des animaux cryptiques le jour, les comptages demandent une bonne expérience de distinction de l'espèce dans son biotope.

Suivant les auteurs, la technique comporte plusieurs variantes :

- A Guam, Smith (1979) a comparé les densités des récifs sous le vent et celles des récifs au vent. Pour les premiers, la méthode repose sur une radiale de 100 m de long et un couloir d'observation de 2 m de large, d'où une surface de 200 m2 avec une mesure tous les dix mètres linéaires; pour les seconds, ce sont les chenaux sous-marins qui matérialisent les radiales.

- En Papouasie Nouvelle Guinée, Tenakanai (project Document) préconise aussi des transects de 100 m, répartis par tranches bathymétriques de 5 m sur différents types de récifs.

- Aux Iles Cook, Sims (1985) a tenté de mesurer la densité par recherche libre des trocas pendant une heure et sur une surface approximativement évaluée. Cette technique s'est révélée inappropriée et la méthode du transect de 100 m, avec couloirs de 4 m, a été retenue.

- En Polynésie française, Yen (1985) a utilisé la méthode préconisée par Salvat : radiale perpendiculaire au rivage, divisée en éléments de 5 m2 jusqu'au tombant récifal. L'opération est répétée tous les 500 m.

- En Australie, Nash (1985) a effectué des comptages en adoptant deux méthodes différentes selon la profondeur de la zone prospectée. Sur les platiers intertidaux peu profonds, une radiale de 30 m sur 1,5 m a été échantillonnée, soit 90 m2; les autres zones ont été inventoriées en plongées (libre ou scaphandre) pendant une durée déterminée.

- En Nouvelle Calédonie, Bour et Hoffschir (1985) ont fait des mesures de densités à partir de radiales disposées au hasard sur le récif. Leur nombre est fonction de la taille du récif et des possibilités matérielles. Un couloir de 2 m. de large est exploré avec un "flowmeter" et une boussole. La radiale est donc approximativement linéaire grâce à la boussole et sa longueur varie suivant la morphologie du récif; elle est estimée par la lecture du flowmeter. La radiale, en cas de courant sensible, est parcourue également en sens inverse pour annuler son effet sur la mesure de distance. Un point fixe complète la radiale; un cercle d'environ 30 m2 est soigneusement examiné pour évaluer la proportion de trocas dissimulée sous les blocs. La mesure de la radiale peut ainsi être corrigée en conséquence.

En général, les auteurs complètent l'échantillonnage par des mesures de tailles; des densités pondérales pourront donc être calculées à partir d'une relation taille/poids.

Toutes ces techniques ont leur intérêt et sont sélectionnées suivant la taille, la morphologie et l'exposition des récifs à échantillonner.

Quelques règles simples doivent guider le plan d'échantillonnage :

1/ les stations doivent être réparties au hasard dans le biotope favorable aux trocas et non concentrées sur les taches de forte abondance recherchées par les pêcheurs.

2/ la surface prospectée doit être estimée avec soin.

3/ si possible, faire examiner la même radiale par deux plongeurs pour limiter "l'effet observateur".

4/ la fraction dissimulée de la population doit pouvoir être évaluée (plongées de nuit) et une taille minimale observable doit être définie au préalable (généralement 30 mm).

### 5.2.1 Résultats des mesures de densité

Pour faciliter les comparaisons, les densités publiées par les auteurs ont été converties, lorsque ce n'était pas le cas, en nombre de trocas par hectare (tr/ha).

A Guam, Mc Gowan (1958) a trouvé des densités variant entre 172 et 572 tr/ha. Smith (1979) donne des fourchettes par grandes zones récifales :

- 25 à 1225 tr/ha sur le platier récifal externe.
- 65 à 1065 tr/ha sur le tombant.
- 75 à 1015 tr/ha dans la zone des 6 m de profondeur.
- 50 à 825 tr/ha dans la zone des 12 m.

A Yap, Fagolimul (1987) a trouvé des densités variant entre 200 et 3300 tr/ha.

Aux Iles Cook, Sims (1985) signale un maximum de densité sur la zone centrale du platier de 6000 tr/ha et des valeurs moyennes allant, suivant la zone, de 100 à 2500.

En Nouvelle Calédonie, le maximum de 8050 tr/ha a été trouvé dans le nord de l'île pour des trocas de petites tailles (Bour et al., 1985); la moyenne des 312 stations de la prospection est de 176 tr/ha.

Ces chiffres montrent la grande variété de densités de trocas que l'on peut observer sur les récifs. La phase planctonique des larves soumises aux courants et le sédentarisme des adultes sont prabablement à l'origine de la distribution en taches des trocas.

### 5.2.2 Estimation des biomasses à partir des densités

Lorsque l'échantillonnage permet le calcul d'un poids moyen par station, la densité peut être exprimée en valeur pondérale. Si la surface de la zone favorable aux trocas peut aussi être estimée, il est alors très facile d'établir la biomasse présente sur le récif.

L'identification de la zone favorable aux trocas est un problème cartographique que la télédétection peut actuellement résoudre de manière très performante.

La haute résolution d'images satellitaires LANDSAT (Thematic mapper) et SPOT permet d'obtenir des cartes thématiques de vastes zones récifales (plusieurs milliers de Km2) et pour la tranche bathymétrique des quinze premiers mètres, celle où se trouve précisément la grande majorité des trocas. Le traitement des images par ordinateur spécialisé fournit une estimation de l'aire occupée par chaque milieu ou biotope cartographié. La comparaison avec des techniques de photo-interprétation classiques a été faite en Nouvelle Calédonie; elle a montré la précision et l'efficacité de ces nouvelles techniques pour l'étude des ressources récifales (Bour et al., 1986) (figure 14).

## 5.3 Mesures indirectes par les statistiques de pêche

### 5.3.1 Prise par unité d'effort

L'abondance d'une ressource peut dans certains cas être évaluée par la PUE (= CPUE) lorsque les statistiques fournissent des indications sur l'effort de pêche et qu'il reste comparable d'une zone à l'autre. C'est rarement le cas pour les trocas dont, le plus souvent, seules les statistiques d'exportations sont bien connues.

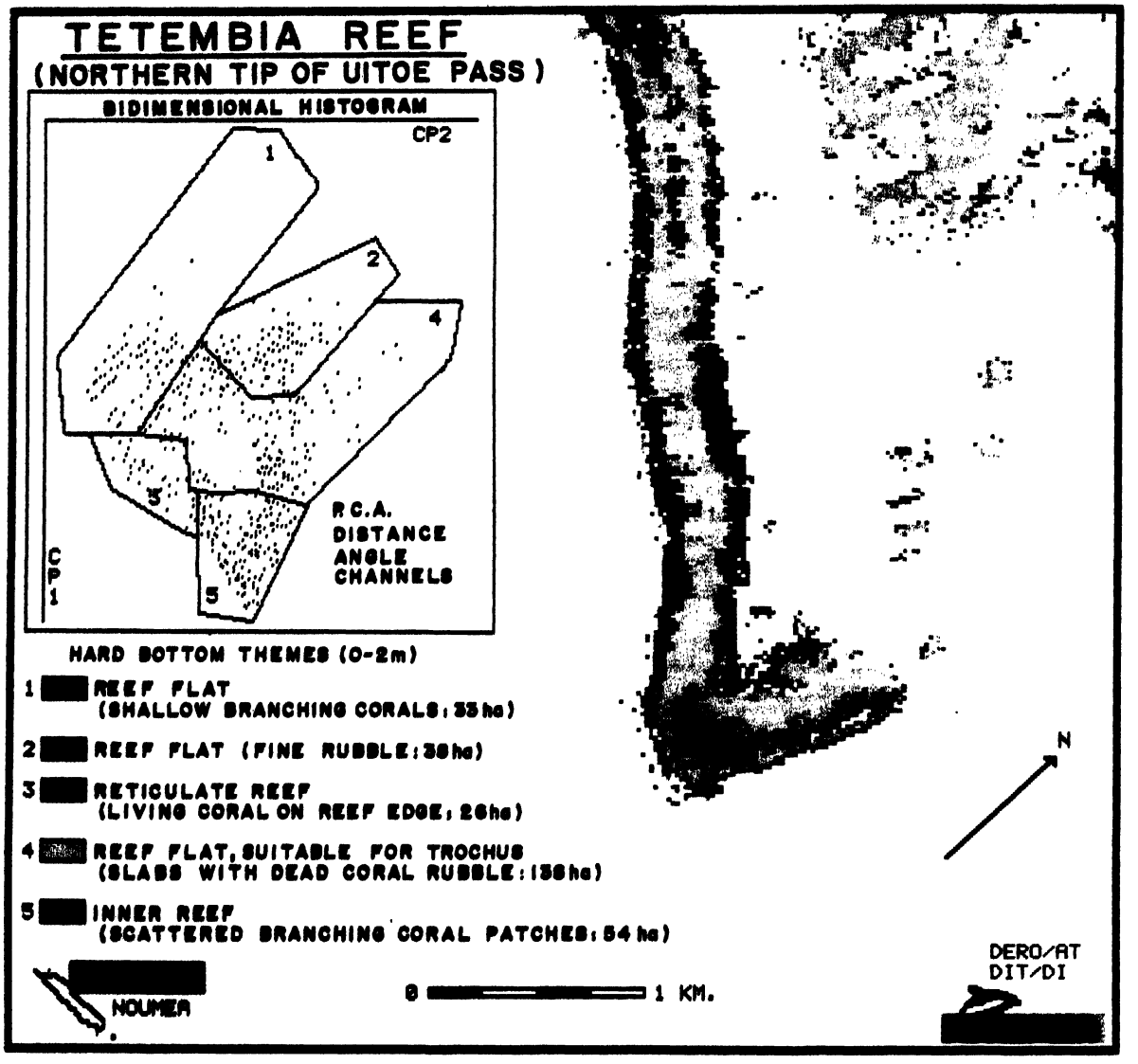



Fig. 14 - Récif Tétembia. Thèmes fonds durs (0 - 2 m)
1 : Platier corallien. (Coraux branchus peu profonds)
2 : Platier corallien. (Débris fins)
3 : Platier réticulé. (Coraux vivants de bordure)
4 : Platier favorable aux trocas. (Dalles recouvertes de débris coralliens)
5 : Pente interne. (Coraux branchus en taches).

Doumenge (1973) indique quelques CPUE à Tahiti : en moyenne 221 Kg/plongeur/jour.

Nash (1985) donne des valeurs moyennes entre 1979 et 1982 pour la Grande Barrière : 20 à 127 Kg/pl/jour.

### 5.3.2 Analyse des cohortes

Ce modèle analytique présente l'intérêt de ne pas exiger de données sur l'effort de pêche et ne fait pas appel au coefficient de capturabilité dont la constance est loin d'être vérifiée pour la pêche aux trocas. En contrepartie, il demande une bonne connaissance de la croissance et de la structure en âges des captures.

Une analyse de ce type a été réalisée sur les captures de Nouvelle Calédonie (Bour et Hoffschir,1985); elle a nécessité les données suivantes :

- une clé taille/poids/âge.

- les captures numériques, ventilées par âges, pour la période de temps considérée.

- les effectifs par classes d'âges pour la dernière année (celle des mesures sur le terrain).

- les coefficients de mortalité par pêche pour chaque classe de la dernière année. Ils sont estimés à partir des captures et effectifs précédents.

- les coefficients de mortalité par pêche de la dernière classe d'âge. Ils sont obtenus par les échantillonnages de fréquences de tailles des trocas composant les captures.

- le coefficient de mortalité naturelle est supposé constant quel que soit l'âge. Il est estimé soit par des opérations de marquage, soit par l'analyse des fréquences de tailles des trocas de zones peu ou pas exploitées.

L'analyse des cohortes donne une image rétrospective de l'évolution de la population, par classe d'âge et pour la période dont on connaît les captures numériques par âge. Elle permet en particulier de comparer les effectifs du plus jeune âge d'année en année et, par conséquent, de suivre l'influence de la pêche sur la classe recrutée. C'est ainsi que les pêches excessives de 1978 en Nouvelle Calédonie ont divisé par 2,5 l'effectif de la classe recrutée en 1982 (trocas âgés de 4 ans). Des informations sur les classes les plus touchées par la pêche sont également mises en évidence (figure 15).

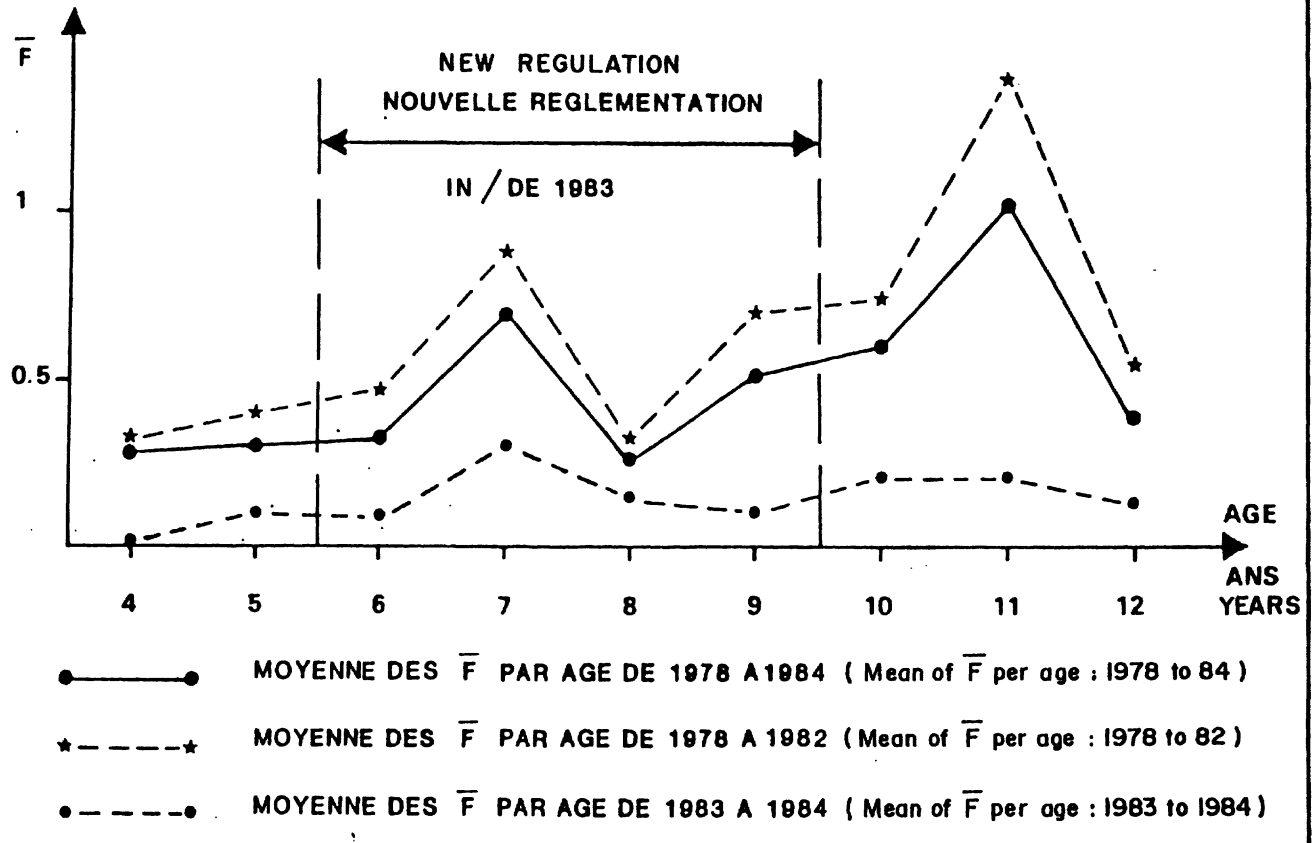



**Figure 15 : Comparaison des évolutions du coefficient de mortalité par pêche $\bar{F}$ par classe d'âge. Incidence de la réglementation de 1983.**

***Evolution of fishing mortality coefficient $\bar{F}$ per class age . Impact of new regulation since 1983.***

La clé taille/poids/âge permet de convertir tous les effectifs obtenus par l'analyse des cohortes en biomasses exploitables par année et donc de déduire une capture optimale soutenue par an, en appliquant à ces biomasses un taux d'exploitation considéré comme raisonnable. La comparaison avec les captures réelles se révèle souvent éloquente, comme en témoigne le tableau 3.

**TABLEAU 3**

Comparaison des captures réelles et optimales en Nouvelle Calédonie

| | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Captures réelles (MT) | 1915 | 1245 | 1012 | 724 | 350 | 241 | 205 |
| Captures optimales (MT) | 396 | 217 | 191 | 198 | 217 | 210 | 225 |

### 5.3.3 Rendement par recrue

En général, le niveau de recrutement des jeunes trocas dans la pêcherie est difficile à mettre en évidence. L'analyse des fréquences de tailles réalisée en un point pendant une longue période peut parfois signaler quelques fluctuations du recrutement. Cela suppose une zone peu exploitée et une saison de reproduction permettant de séparer des classes d'âges. D'autre part, l'observation courante montre que des récifs sont rapidement repeuplés, d'autres non. Le recrutement est donc un paramètre très difficile à quantifier; en conséquence, les calculs de rendement (ou captures) par âge sont exprimés en rendement par recrue. Nash (1985) a calculé, à partir des taux de mortalité, des valeurs pour les récifs australiens. Le rendement par recrue serait maximal pour les trocas âgés de 3 à 4 ans, de tailles comprises entre 7,9 et 9,6 cm.

## 6. OPTIONS D'AMENAGEMENT ET CONCLUSIONS

Les trocas symbolisent bien le type de ressource biologique parfaitement adaptée à l'économie des Pays insulaires du Pacifique Sud. En effet, l'exploitation des trocas présente les avantages suivants :

- la pêche ne demande pas de moyens sophistiqués.

- le produit important est la coquille de nacre, donc une ressource renouvelable non périssable. La chair est le sous-produit mais elle constitue une source alimentaire de complément pour les pêcheurs.

- les coquilles sont exportables; elles sont donc une source de devises dans le cadre d'un marché international très demandeur.

- des ateliers artisanaux de façonnage des coquilles fournissent des emplois et procurent une plus-value importante.

- l'aire du stock naturel peut être augmentée par des transplantations sur les récifs peu ou pas colonisés par les trocas.

En contrepartie, cette ressource exige une gestion rigoureuse de l'exploitation car les stocks sont fragiles et leur reconstitution peut être lente.

Les principales options d'aménagement sont les suivantes :

1/ Limites de tailles :

C'est une réglementation facile à contrôler lors de l'expédition des coquilles. La taille plancher ne doit pas être inférieure à 8 cm pour ne pas perturber gravement la production de juvéniles. Elle peut être assortie d'une taille plafond à 12 ou 13 cm pour laisser sur le récif des géniteurs dont la coquille est de moindre valeur mais dont la fécondité potentielle reste élevée.

2/ Quotas de captures :

Un quota peut être défini pour l'ensemble de la pêcherie ou par grandes zones, ou encore fixé par bateau de pêche. Toutes ces options nécessitent des statistiques de captures et d'efforts de pêche sur une longue série chronologique pour la définition de quotas réalistes. Le contrôle conduit généralement à des lourdeurs administratives pénalisantes.

Nash (1985) préconise un quota général de 500 MT pour la Grande Barrière australienne; Bour et Hoffschir (1985) recommandent un quota de 400 MT en Nouvelle Calédonie, après une période de quotas plus faibles permettant à la biomasse de revenir à son niveau optimal, estimé à 4000 MT.

3/ Fermetures de la pêcherie :

L'interdiction de pêche peut se faire par rotation entre plusieurs zones ou pendant une période de l'année. L'expérience montre que le contrôle sur le terrain de telles fermetures est illusoire; par ailleurs, l'arrêt de production est néfaste pour une ressource vouée à l'exportation.

4/ Sanctuaires :

Heslinga et al., (1984) recommandent la création de zones totalement protégées (sanctuaires) servant de réservoirs à naissain pour les récifs adjacents. Le choix de ces zones doit être scientifiquement établi et le contrôle doit y être particulièrement efficace.

Les moyens de la gestion sont donc, pour la plupart, difficiles à mettre en oeuvre et à contrôler. La solution réside probablement dans la production de naissain par les techniques d'aquaculture, afin de réensemencer des récifs surex- ploités. La production de juvéniles de trocas est, nous l'avons vu, aisée à petite échelle; il faut maintenant connaître les contraintes d'une production à plus grande échelle et les chances de survie, en fonction de la taille des juvéniles remis dans le milieu naturel. Des essais de réensemencement sont conduits en Nouvelle Calédonie et au Japon où de nombreux récifs d'Okinawa, tués par les Acanthaster, pourraient constituer des parcs à trocas (Yamaguchi, com. pers.). Les tous premiers résultats permettent d'envisager le transfert sur les récifs à la taille de 2,5 à 3 cm, soit après 8 à 10 mois d'élevage en bassins.

Ces opérations d'aquaculture doivent permettre de dépasser le stade cueillette et assurer aux Pays du Pacifique Sud la production d'une matière première originale, promise à un bel avenir.

# THE FISHERY RESOURCES OF PACIFIC ISLAND COUNTRIES

## 1. INTRODUCTION

The history of fishing for trochus in the South Pacific is closely linked with world requirements for pearl-shell buttons. This large marine gastropod which resembles a spinning top (trochus in latin and also called top shell in English) forms a shell in which the mother-of-pearl is particularly suitable for making buttons. The invasion by plastic materials in the 1950's somewhat slowed down the demand for trochus but did not do away with it completely and in the last ten years the market has been steadily picking up again, because trochus shell withstands detergents and frequent washing much better than synthetic materials do. Thus from being an ordinary raw material, trochus shell has now become a luxury product, sought after by quality shirt makers.

Indonesia, the Philippines and the South Pacific countries are the three main producers. It will be seen that the place of the South Pacific in this market is growing steadily.

## 2. THE BIOLOGY OF THE RESOURCE

### 2.1 Taxonomy

The scientific name of the trochus fished in the Indo-Pacific Ocean is Trochus niloticus L. The species name referring to the Nile is the result of a mistake by Aldrovandus who, in making the first description in 1606, confused it with another gastropod which is found in the river Nile in Egypt (Hedley, 1917). Linnaeus repeated the name "niloticus" in 1767, and since then other authors have attributed various names to it; amongst these are the following:

Trochus spinosus Gmelin, 1791

Trochus flammeus Bolten, 1798

Trochus zebra Perry, 1811

Trochus marmoratus Lamark, 1822

Astralium pagodus Wood, 1879

Trochus montebelloensis Preston, 1914

Briefly, the trochus classification is as follows:

| | |
|---|---|
| Phylum: | MOLLUSCA |
| Class: | GASTROPODA |
| Sub-class: | PROSOBRANCHIA |
| Order: | ARCHAEOGASTROPODA |
| Super-family: | TROCHACEA |
| Family: | TROCHIDAE |
| Genus: | TROCHUS |
| Species: | NILOTICUS |

## 2.2 Geographical distribution

The natural distribution of trochus, dependent as it is on the presence of reefs, occurs in the intertropical belt between the Andaman Islands in the Indian Ocean and the islands of Fiji and Wallis in the Pacific. An oblique line running from Palau down to Wallis used to mark the edge of the natural habitat of the trochus in the Western Pacific, but since 1927, many transplantations have been successfully effected and extended the area now inhabited by trochus far to the east (see Figure 1).

## 2.3 Habitat

The trochus lives on coral reefs and more precisely on reef-flats formed of the debris of dead corals. Maximum density usually occurs on the great slabs of dead coral on which lie scattered chunks of coral covered with a fine film of small algae, diatoms and foraminifers. The large trochus mainly inhabit the part of the reef that is exposed to wind, unless the topography of the bordering reef-flat is too uniform (Smith, 1979). Their muscular foot enables them to cling firmly to the substrate and thus to resist any strong water turbulence while at the same time receiving optimum oxygenation. The depth range that is most suitable for this species is in the first ten metres from the surface (Gail, 1957), but trochus may be found as deep as 24 m (Mc Gowan, 1956). A strong negative correlation has been established by Heslinga (1984) between the density of trochus and the first seven metres of the reef slope in the areas fished in Palau.

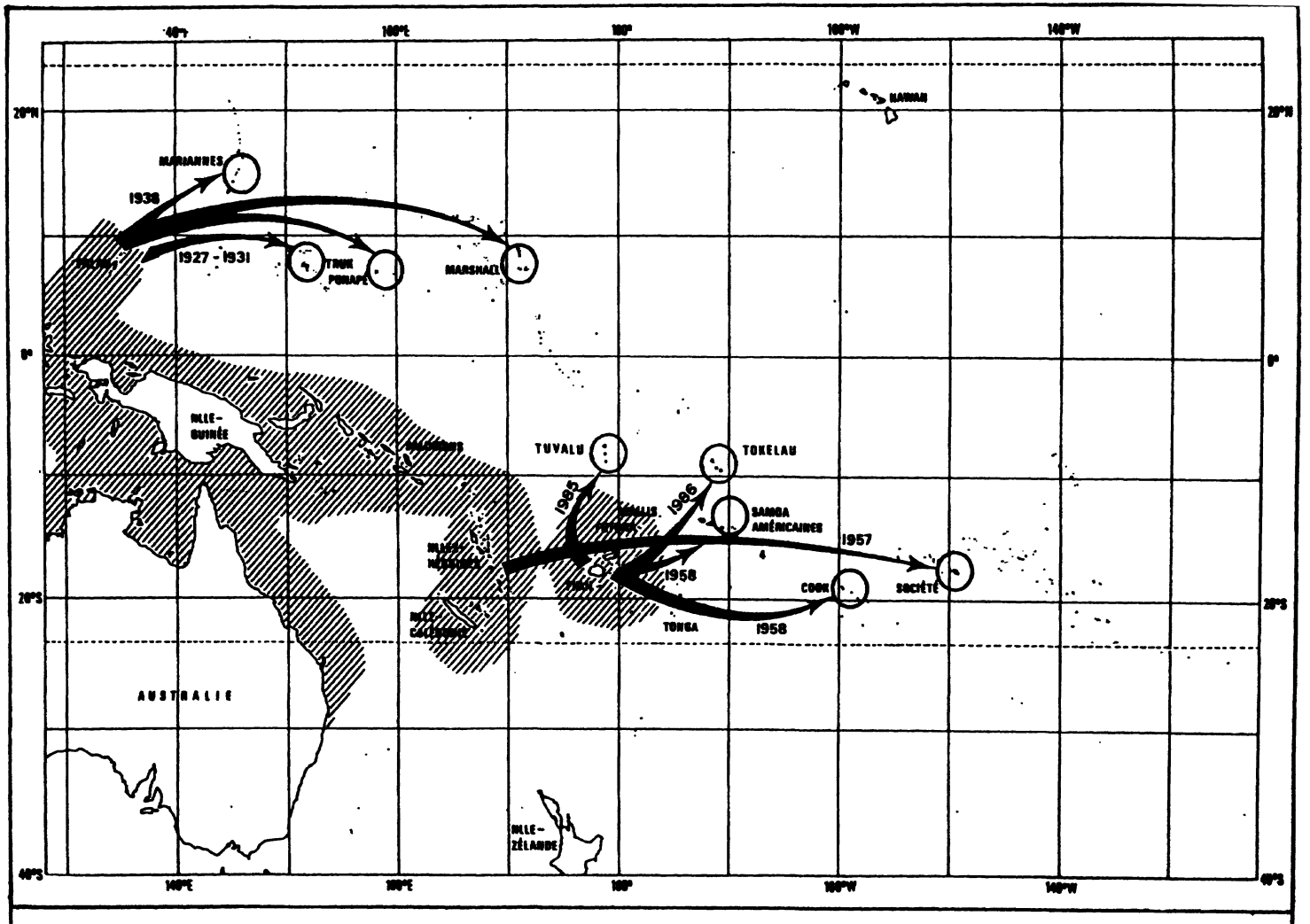



Figure 1 : Transplantations de trocas dans divers archipels du Pacifique ouest-tropical. (La zone hachurée est l'aire de répartition naturelle).
*Transplantation of trochus to islands in the west-tropical Pacific. (The stippled area is the natural habitat).*

Many authors have noted segregation of sizes, from the shore to the edge of the reef (Figure 2). The young trochus are found mainly on the inter-tidal reef-flats and the older ones in the sub-tidal area and the reef slope. This segregation is probably explained by the scattering of the larvae during their pelagic stage. The slow migration of trochus during their growth towards the ridge of the reef and then the outer reef slope could be of a trophic origin. The energy needed by these animals, whose shell can reach a weight of as much as 150 to 200 gr. in 4 years, is certainly very considerable and the epitobiotic plant life that they feed on is more abundant on the outer edge of the reef-flat. It is quite possible too that the trochus themselves in the course of their migration across the reef profit from the richer food content of certain areas of the reef, which are explained by the endo-upwelling theory (Rougerie, et al. 1985).

## 2.4 Nutrition

A trochus radula comprises about 150 teeth. This enables it to graze on the epibiotic film that covers the dead coral debris. In the stomach content of 20 specimens, ranging from 60 to 75 mm in size, Asano (1944) found Foramanifera, Cyanophyceae and Phaeophyceae in large quantities and also a lesser proportion of other small red and green algae mixed with a large quantity of sand.

## 2.5 Reproduction

Trochus are not hermaphrodites but there is no secondary external sexual feature by which the sexes can be distinguished. It is therefore necessary to break the apex of the shell to reveal the gonad which, when mature, is a deep green colour in the female and milky white in the male. Amirthalingam (1932) notes a difference that is visible in the longitudinal cross-section of the adult shells: the cavities in the male shell tend to be oval in shape with obtuse angles whereas in the female shell they are more angular and the angles are sharper. A quick way of determining the sex of an adult trochus in the laboratory without sacrificing the animal is described by Hoffschir (1988): the living trochus is forced to retract far into its shell by pressing with one's thumb on the operculum while holding it over a dish. The animal will eject some of the water contained in the paleal cavity; if a few drops of this water are examined under the microscope it will usually be found to contain some spermatozoa and sometimes some green ovocytes. This very simple method is 99% reliable during the spawning season; it is extremely useful when selecting genitors to obtain spawn for aquaculture.

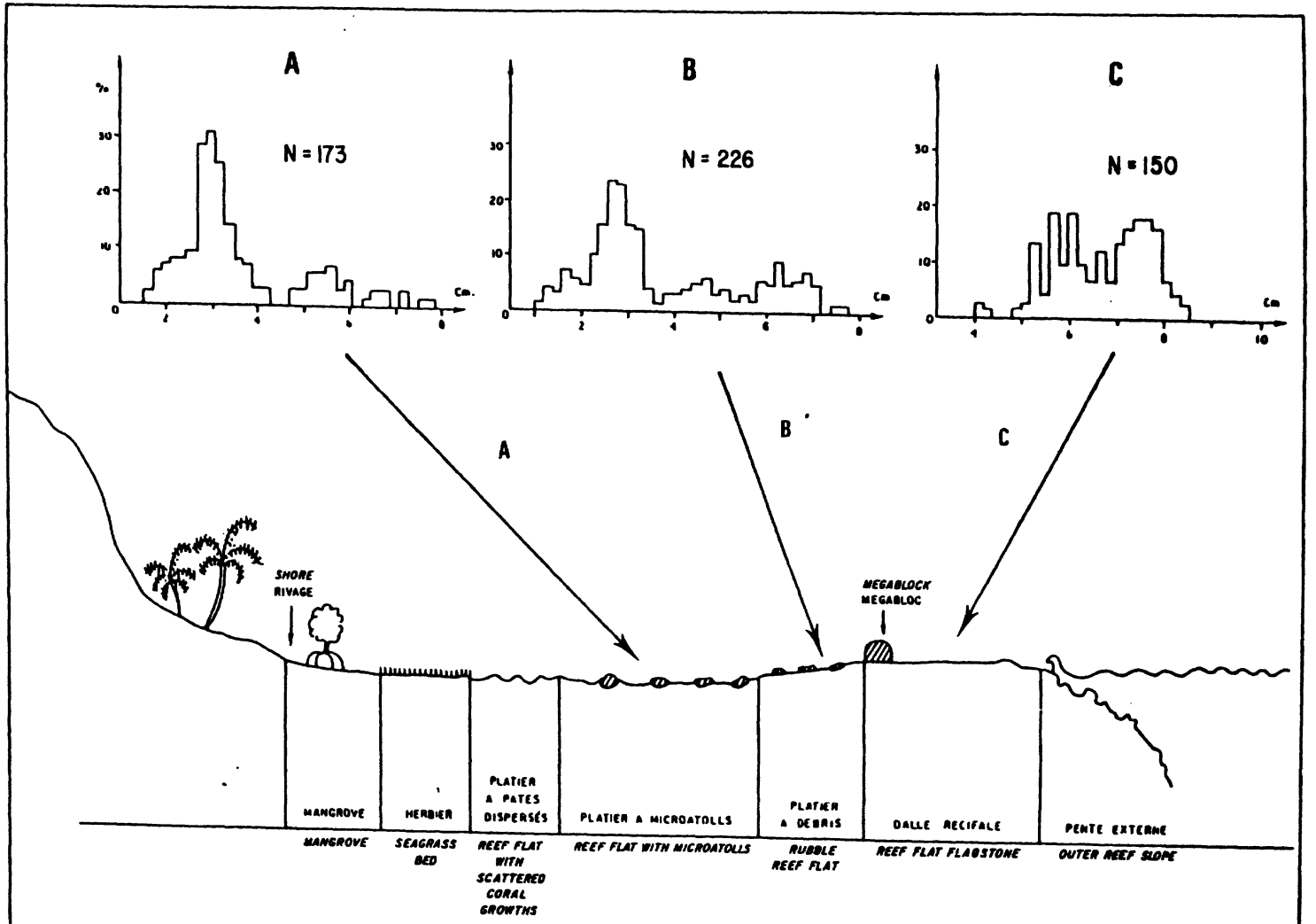



Figure 2 : Répartition des tailles de trocas sur le platier d'Unia (Nouvelle Calédonie).
*Trochus size repartition on Unia reef flat (New Caledonia).*

Authors agree that the sex-ratio is on the whole balanced; none has noticed any possible sex-change as has been observed in some molluscs.

Figure 3 shows the position of the genital gland which appears as a thin sheet partly covering the hepatopancreas and terminating the mantle. The spawn falls into the renal cavity which is joined to one side of the stomach and then passes into a glandular canal which follows the rectum and leads into a flattened duct which corresponds to the spawning orifice (Risbec, 1930).

Fertilisation occurs externally, the gametes being emitted into the surrounding sea water at periods related to the phases of the moon. Much is now known about the reproductive behaviour and larval development of trochus, because of the work done by Heslinga and Hillmann (1981) in Palau and by Nash (1985) on the Australian Great Barrier Reef.

Two or three days before spawning, the trochus' nocturnal activity increases. The males eject their gametes first and this may, but not necessarily, induce the females to spawn, within the following 10 to 60 minutes. Each female can emit eggs for a period of 10 to 20 minutes. Nash (1985) distinguishes two modes of emission of gametes; one, the so-called active manner, consists of vertical extension of the siphuncle towards the surface and forced expulsion of the sexual products by spasmodic contractions, by both the male and the female. The other, so-called passive manner, consists of a regular flow of gametes through the siphuncle which does not adopt any particular posture. Clearly the spawning behaviour must affect the degree to which the spawn is scattered and lead either to colonisation of the reef or to maintaining the juveniles in the parental environment.

Spawning takes place throughout the year on the reefs of Micronesia, Australia and in the Andaman Islands (Rao, 1937). There is a clearly defined spawning season in New Caledonia which coincides with the warms months of October to April (Bour et al., 1988), suggesting a relation with the temperature of the surrounding sea-water. Warming the water artificially has moreover been found an easy way of inducing trochus in captivity to spawn.

Spawning takes place at night; in Palau it usually occurs a few days before the new moon; on the Great Barrier Reef it usually occurs a few days before or after the full moon or the new moon.

Nash (1985) suggests that spawning can take place every moon but with different females; each female is believed to spawn every 2 to 4 months.

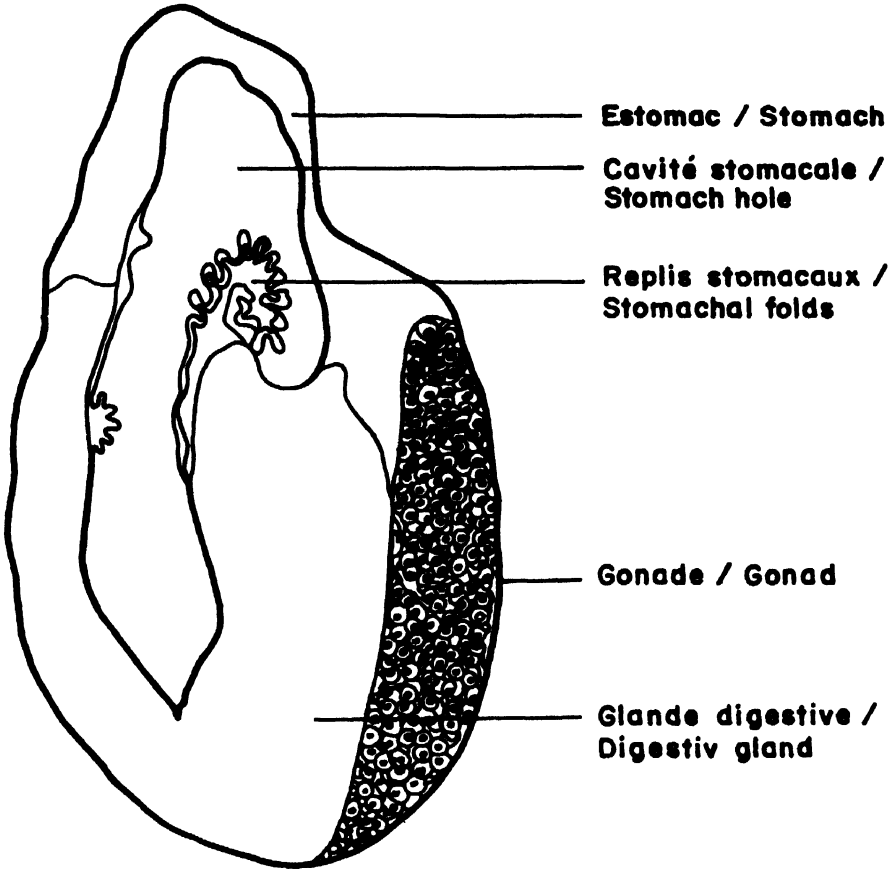



**Figure 3 : Coupe transversale du tortillon.**
***Cross-section of the wisp.***

The fertility of the male trochus, estimated by the quantity of sperm emitted, is very variable regardless of size, and it appears not to diminish with age.

The fecundity of the females has been studied in different ways, thus:

- Heslinga (1981) took the dry weight of the ripe ovaries and the average dry weight of the ovocytes;

- Nash (1985) has developed an original method based on estimation of the volume of the gonad by taking a thin section of the organ when frozen on which the relation of the area of the digestive gland to that of the gonad is measured will be compared by a photographic process. An earlier study has made it possible to determine the place on the gonad where the section to indicate the volume of the gonad should be taken. Fecundity has also been measured by counting the ovocytes laid by females in captivity.

- Bour (1988) has measured the fresh weight of mature gonads after dissecting them and has counted ovocytes on samples of gonads that have been weighed and placed for several months in Gilson liquid to hasten decomposition of the ovarian stroma and to harden the ovocytes.

The results obtained by these authors are as follows:

- Heslinga: 2 million ovocytes for one female of 10 cm diameter;

- Nash: an average of 1 million eggs laid by females in the 86-100 mm group;

- Bour: on a sample of 596 mature females average fecundity per size class is as follows:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Average diameter (in cm) | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 |
| Average fecundity (x 1000) | 511 | 562 | 592 | 660 | 690 | 974 | 3003 |

## 2.6 Development of larvae

The fertilized eggs are covered with a thick chorion which protects the embryo, the future trochophore larva. After hatching, the trochophore develops a larval shell (the protoconch) and swims towards the surface using the ciliated velum; it has thus become a lecithtrophic veliger (feeding on its own reserves during this planktonic phase). After a few days, the veliger will settle on a favourable substrate, shed its velum (metamorphosis) and begin to crawl along on its single foot feeding on microscopic algae. The opaque and denticulated juvenile shell (teleoconch) begins its first twirl following on the translucid and smooth larva shell.

Heslinga and Hillmann (1981) and also Nash (1985) made comparable observations of the chronology of larval development of the eggs obtained in aquaculture tanks.

| Stage | Heslinga and Hillmann (1981) | Nash (1985) |
|---|---|---|
| | Period after fertilization | |
| First division | 30 minutes | 55 minutes |
| Hatching (trochophore) | 12 hours | 12-14 hours |
| Beginning of protoconch | 13 hours | 13-14 hours |
| Beginning of veliger stage | 20 hours | 21 hours |
| Beginning of juvenile stage | 60 hours | 60 hours |

The planktonic stage may be much longer and for some veligers lasts more than a week. This variability must play an important role in the scattering of the larvae and the settling of reefs that are far from the parental environment. Heslinga and Hillmann (1981) have shown that veligers placed in filtered sea water may keep their ciliated crown for as long as 3 weeks although metamorphosis may be induced by adding red coral algae or chemical agents such as gamma-aminobutyric acid. It would appear therefore that a special chemotaxis enables veligers to recognize a favorable area in which to settle deposit and to metamorphose, before their food reserves are exhausted.

## 2.7 Growth and survival of juveniles

The post larval life of young trochus is known from a study of cohorts obtained in aquaculture. Figure 4 shows growth curves established by three authors. Growth in the first two months depends on the food resources available on the walls of the tanks; it may vary from one place to another by as much as 100% during this period (Heslinga and Hillmann, 1981). The average curve is a typical sigmoid shape showing fairly slow post-larval growth up to the age of 4 months. Survival rate in captivity is particularly good; about 20% between hatching and the age of 2 months, it then stabilises around 10% at 4 months.

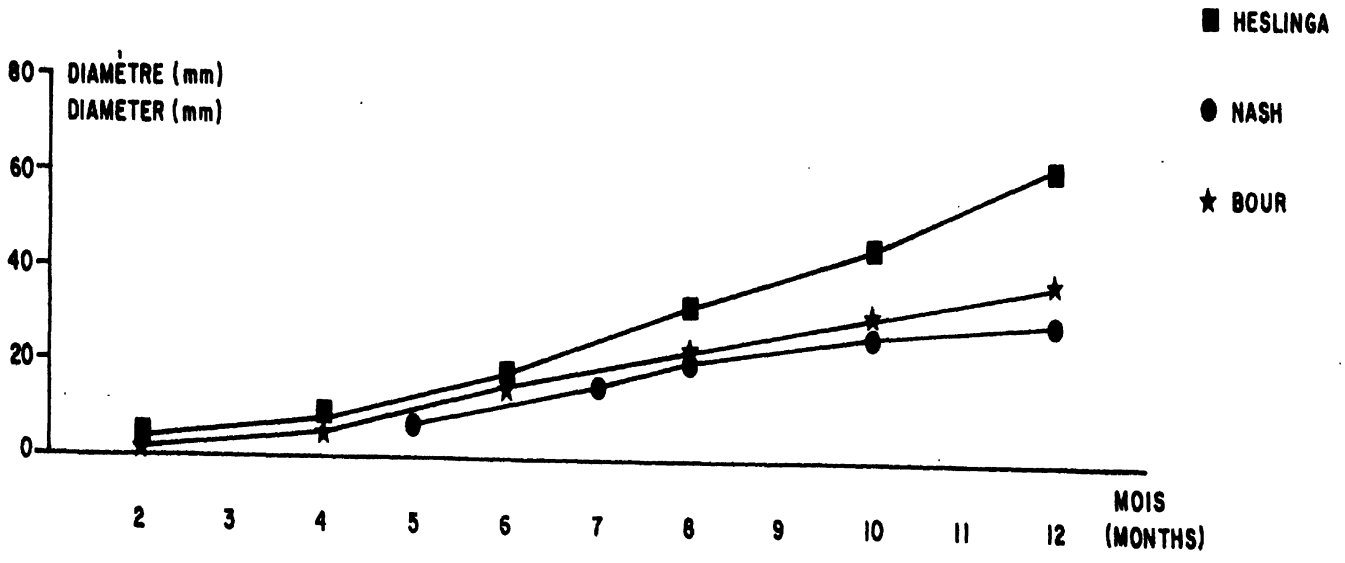



Figure 4 : Croissance des juvéniles de trocas d'après trois auteurs.
*Trochus juveniles growth from three authors.*

## 2.8 Size at first maturity

The F1 cohort obtained at Palau was raised to sexual maturity: 44% of the trochus > 50 mm actually spawned. In nature, observation of the maturity of gonads gave the following results by region: 60-70 mm in the Andaman Islands, 50-60 mm in Australia, 54-65 mm in New Caledonia and 55-65 mm in Palau. These fairly similar findings indicate that average size at first maturity is 60 mm.

## 2.9 Trochus growth curves

The sedentary nature of the trochus' life naturally led authors to choose the method of individual tagging and successive captures to study their growth rate. As these gastropods can survive for long periods out of water, the tags are usually firmly fixed to the shell on board the boat, before the animals are carefully put back in place on the reef. The type of tag used has evolved with the materials available at the time of the study. Some of the tags that have been used are:

| | |
|---|---|
| Rao (1936) | Copper plate attached with copper wire threaded through a hole made in the shell. |
| Asano (1940) | Silver plate. |
| Gail (1958) | Aluminium plate and rivet. |
| Bour (1982) | Plastic label and teflon screw. |
| Nash (1985) | Plastic label and epoxy glue. |
| Ken Honma (1987) | Plastic label and nylon thread. |

The size measured to plot the growth of the trochus is the diameter of the base of the shell. Rao tried to use the length of the twirl but without much success. Recaptures have been spaced from 1 to 6 months depending on the authors and have been repeated for as long as the recapture rate did not become negligible. As a general rule, several batches were tagged in different areas of the reef-flat.

The curves obtained by various authors in different areas are shown in Figure 5. Recent work has used Von Bertalanffy's growth model which correctly reflects the rapid growth of the young trochus during the first 3 or 4 years and then the slower growth with age until they reach a theoretical definitive size. Von Bertalanffy's general equation giving a linear size L in terms of a period of time t, is written thus:

$$L = Loo\ (1 - e^{-K\ (t\ -\ to)})$$

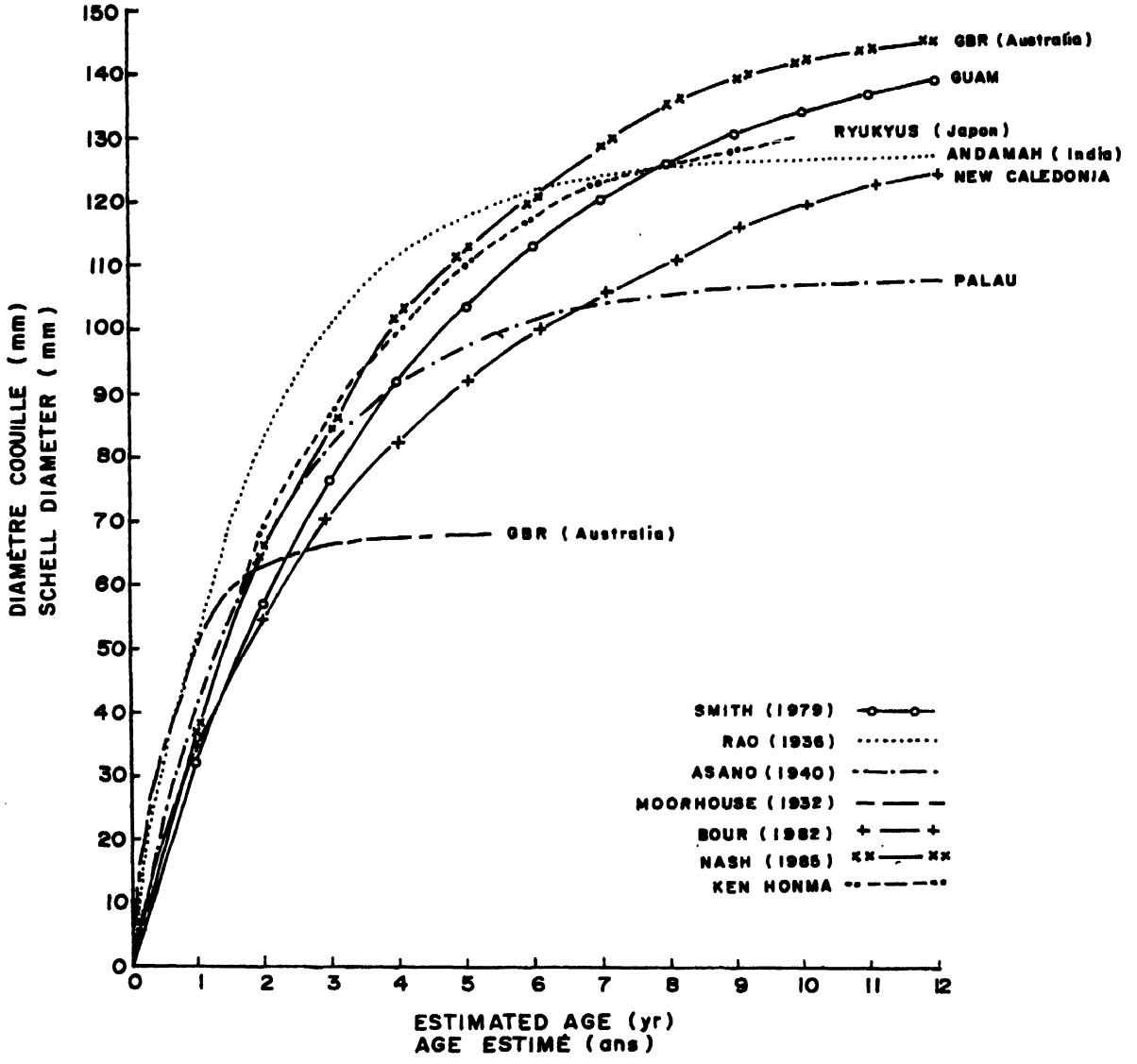



**Figure 5 :** Croissance des trocas adultes.
*Adults trochus growth.*

The three parameters to be defined are:

Loo: theoretical asymptotic value of L.
K: coefficient proportionate to speed of growth.
to: theoretical age for which L is nil.

The estimated values of these parameters given by several authors, with K ranging from 0.11 to 0.66 and Loo from 8.7 to 16.1 cm, give an idea of the great variability in growth depending on geographic location, composition of the substrate and time of the year. It should however be mentioned that the paramaters K and Loo are sensitive to the range of sizes of the trochus tagged and that a strict comparison of the different studies would necessitate weighting between the size frequencies sampled. The parameter "to" is generally obtained from growth data of juveniles born in captivity at a given date; Nash (1985) reports values ranging from 1.2 to 4.1 months.

Rao and Raja (1936) found that females grow more rapidly, while Nash (1985) found the opposite.

The largest sizes found in nature range from 150 to 165 mm in diameter (one specimen of the latter size was taken in Ouvea, New Caledonia; it was estimated to be 20 years old).

Trochus' growth therefore appears to depend very greatly on the environment; that is to say on water temperature (latitude, season), quality of the substrate and available food. Heslinga (1981) reports that in captivity some shells reached 6 cm in one year, a growth rate twice as fast as in nature.

## 2.10 Estimation of mortality rates

Natural trochus mortality in New Caledonia was estimated (Bour et al., 1982) by processing statistically the numbers of tagged trochus found dead. The annual average natural mortality rate was found to be 0.078 (approx. 0.1).

The total mortality rate (both natural and from fishing) was determined for various reefs of the Australian Great Barrier Reef (Nash, 1985) by analysing the size structure of the samples. The total annual mortality rate was found to range from 0.41 to 0.47.

Mortality due to fishing was estimated in New Caledonia (Bour et al., 1985) by using cohort analysis on catches made between 1978 and 1984; the mortality rate reached 0.63 in the period of heavy fishing and then fell back to 0.12 as the resource became scarce towards the end of this period.

### 2.11 Estimation of recruitment rate

From observations on the Great Barrier Reef, Nash (1985) concludes that the rate of recruitment of young trochus has remained slow at all points of observation. The low rate of regeneration of stocks fished 15 years earlier suggests a very limited recruitment for several years in this area. It would appear that below a certain density of parent stock, recruitment is seriously affected and it becomes very difficult for the exploitable stock to recover to the point of balance even when catches are very small. This is known as overfishing through lack of recruitment.

## 3. FISHING AND DISTRIBUTION OF STOCKS IN THE SOUTH PACIFIC

### 3.1 Fishing techniques and preparation of shells

As we have seen, the reef areas in which trochus are mainly found, when the substrate is suitable, are reef-flats under shallow water and often emerged at low tide, as well as the first few metres of the reef slope; it is this distribution that determines the type of fishing, i.e. hand collection on foot or by free diving.

The animal is taken out of the shell after cooking which causes the columellar muscle to become detached. Another technique, used in Australia, is to extract the flesh by strong water pressure, which does away with the cooking phase. A spiral blade with a sharp tip has been used in New Caledonia to extract the animal flesh, with a minimum amount of damage; this tricky technique can only be used on samples, to study maturity for instance.

### 3.2 Description of the main commercial trochus fisheries of the South Pacific

Besides the large Indo-Pacific fisheries (Indonesia, Philippines), there are several smaller commercial fisheries and many subsistence fisheries in the islands and archipelagos of the Pacific.

### 3.2.1 Islands and archipelagos of Micronesia

**PALAU, YAP**

According to McGowan (1957 and 1958), there has been commercial fishing in Palau and Yap since German colonisation (1898-1914). Available catch statistics go back to 1915 (Figure 6). In the years 1920-30, exports ranged from 100 to 400 tonnes/year. This period was followed by a sharp decline; production picked up again at the end of the Second World War, but in quantities not exceeding about a 100 tonnes.

The stock is regarded as being overfished despite important protective measures taken; for example:

- from 1920, the lower size-limit has been 7.6 cm;
- the fishing season is limited to one month a year;
- sanctuaries have been established since 1958 in accordance with the recommendations made by McGowan;
- voluntary moratoria of a year or more are practised by the fishermen in certain villages.

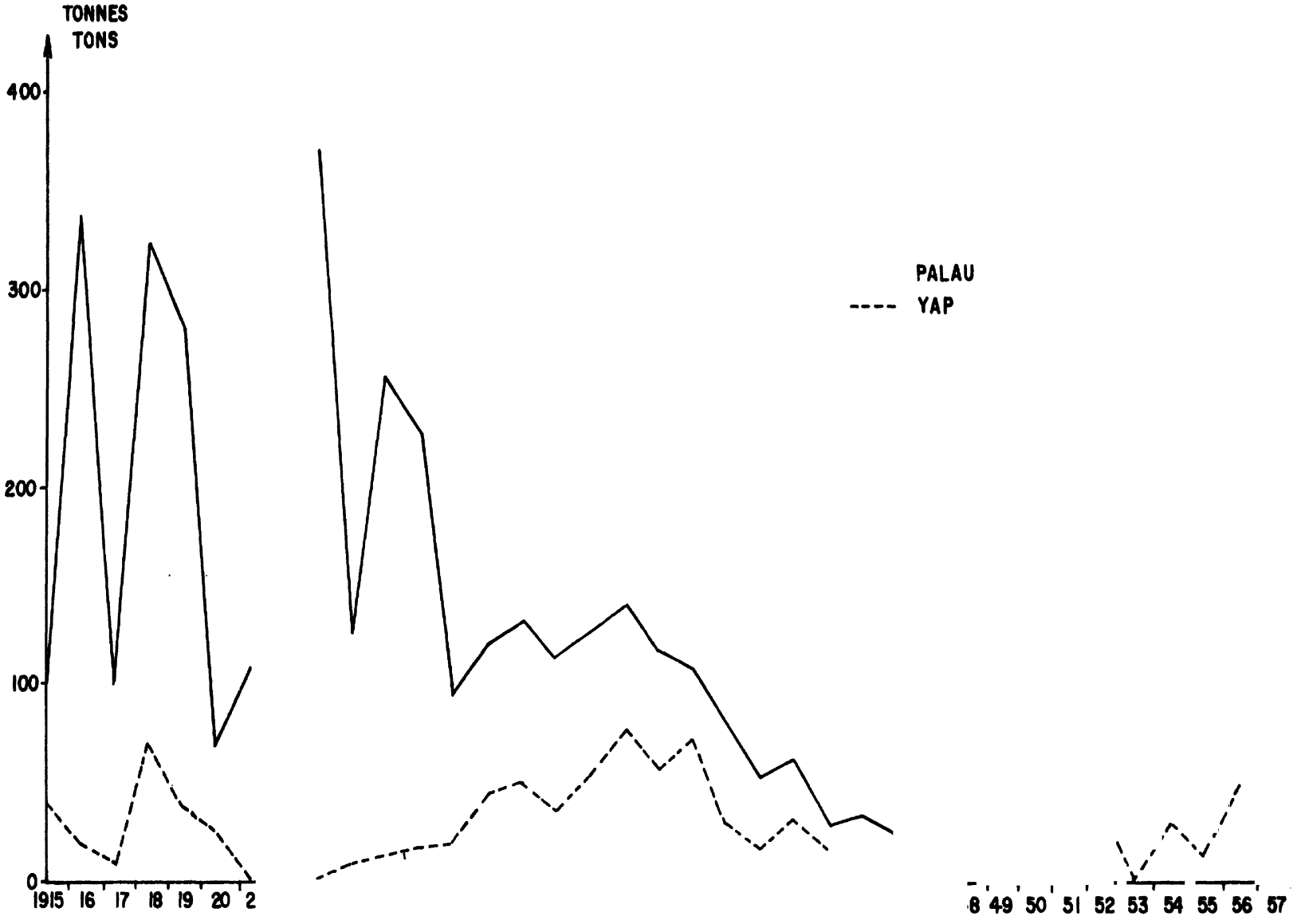
Trochus was successfully introduced into Ulithi and Ngulu from the island of Yap by the Japanese. Similar attempts on Woleai, Ifalick and Sorol have been unsuccessful.

**GUAM, SAIPAN, TRUK, PONAPE**

The first introduction of trochus to Guam was apparently due to a fisherman bringing trochus from Saipan (Smith, 1979); systematic transplantations were made to the other islands in the years 1927 to 1931 by the Japanese administration (McGowan, 1957). Asano's publications (translated in Izumi, 1987) give many details of these transplantations. They were done with natural stock from Palau. The first trochus were harvested in 1939 with a yield of 7 tonnes. The war interrupted this activity which did not resume until 1948. Figure 7 shows catches made in Truk and Ponape to 1956.

### 3.2.2 Papua New Guinea

Trochus is fished in Papua New Guinea, amongst other pearl-shells, and PNG has been contributing to world trochus production since 1948. The curve for exports between that date and 1976 (Glucksman et al., 1982) shows a maximum of over 1,000 tonnes in 1951 and quantities varying between 200 and 500 tonnes towards the end of the period (Figure 8). A recent report (Wright, 1986) gives quantities exported between 1980 and the beginning of 1986. Known annual tonnages are thus as follows:


TONNES
TONS
400
300
200
100
0
1915
16
17
18
19
20
2
8
49
50
51
52
53
54
55
56
57
PALAU
YAP

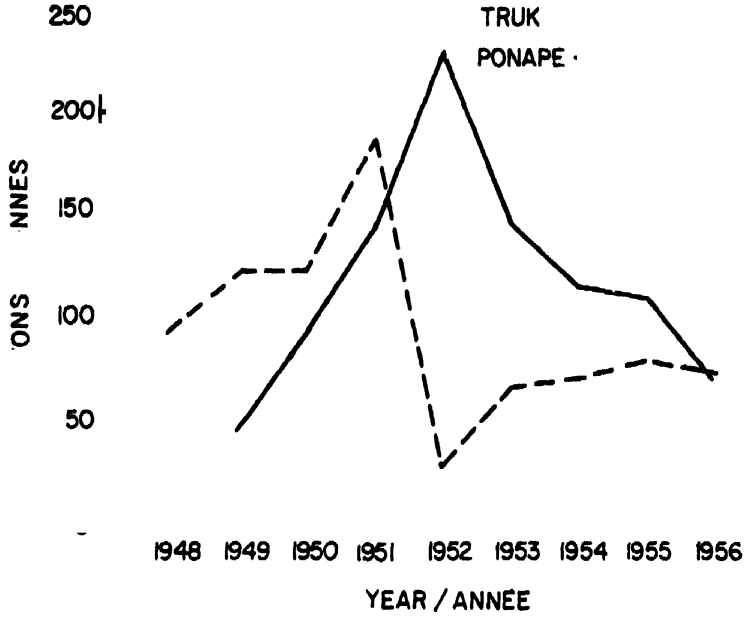



**Figure 7 : Exportations de trocas de Truck et Ponape.**
***Trochus exports from Truck and Ponape (Mc GOWAN, 1958).***

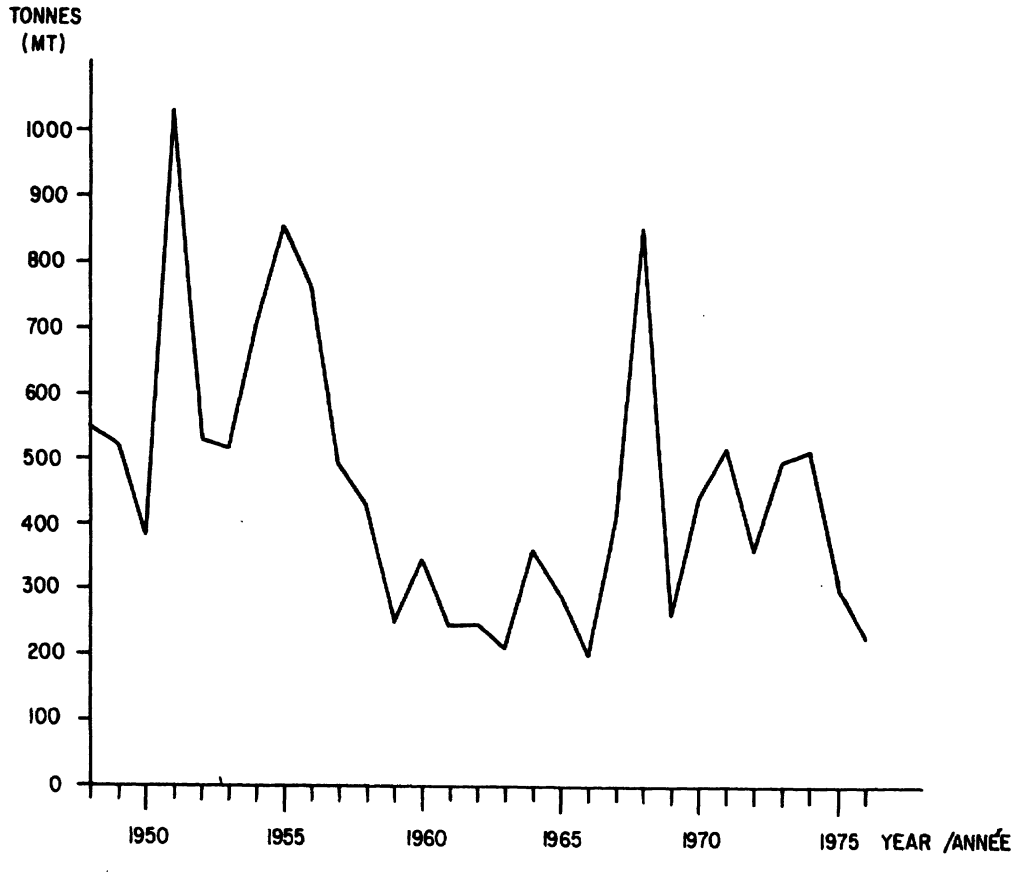



Figure 8 : Exportations de trocas de Papouasie Nouvelle Guinée.
Trochus exports from Papua New Guinea (Glucksman and Lindholm, 1982).

| | |
|---|---|
| 1980: 327 tonnes | 1983: 357 tonnes |
| 1981: 188 tonnes | 1984: 310 tonnes |
| 1982: 278 tonnes | 1985: 450 tonnes |

### 3.2.3 Solomon Islands

Figures for export between 1972 and 1986 were supplied by the Ministry for Natural Resources at Honiara (Solomon Islands). Figure 9 shows the development of these exports with a peak of 566 tonnes in 1976, then a sudden drop in 1978 and a gradual rise again to a record figure of 662 tonnes in 1986. The price per tonne has increased by tenfold in the course of the period covered by this graph.

### 3.2.4 Vanuatu

Trochus harvesting in Vanuatu started at the beginning of the century. Customs statistics for exports are available from 1969 onwards (Figure 10). The maximum was reached in 1978 with 271 tonnes but export ceased altogether in 1983-84 when production began to be processed in Vanuatu by the local industry making button blanks. The island of Malekula and the Banks group supplied the greater part of this production, which remains very uneven from one island to another.

As a result of a village fishing survey David (1985) was able to establish the number of people fishing for trochus on each island. The main trochus fishing islands were:

| | | |
|---|---|---|
| - Malekula | 694 | (34) ** |
| - Epi | 223 | (100) |
| - Tongoa | 177 | (90) |
| - Efate | 173 | (17.5) |

** Between (): trochus fishermen as a percentage of fishermen.

### 3.2.5 Australia

Fishing for trochus on the Great Barrier Reefs began in 1912 in the Torres Strait area (Nash, 1985). Production rose above the 1,000 tonne mark in 1927 but then dropped steadily until World war II (Figure 11). A second period of high production occurred in the years 1950-55 but dwindled to less than 200 tonnes in 1962. The fluctuations in production are not linked principally to the selling price, as can be seen in Figure 11.

**Figure 9 :** Exportations de trocas des îles Salomon.
*Trochus exports from Salomon Islands (Nat. Res. Minist., 1986).*

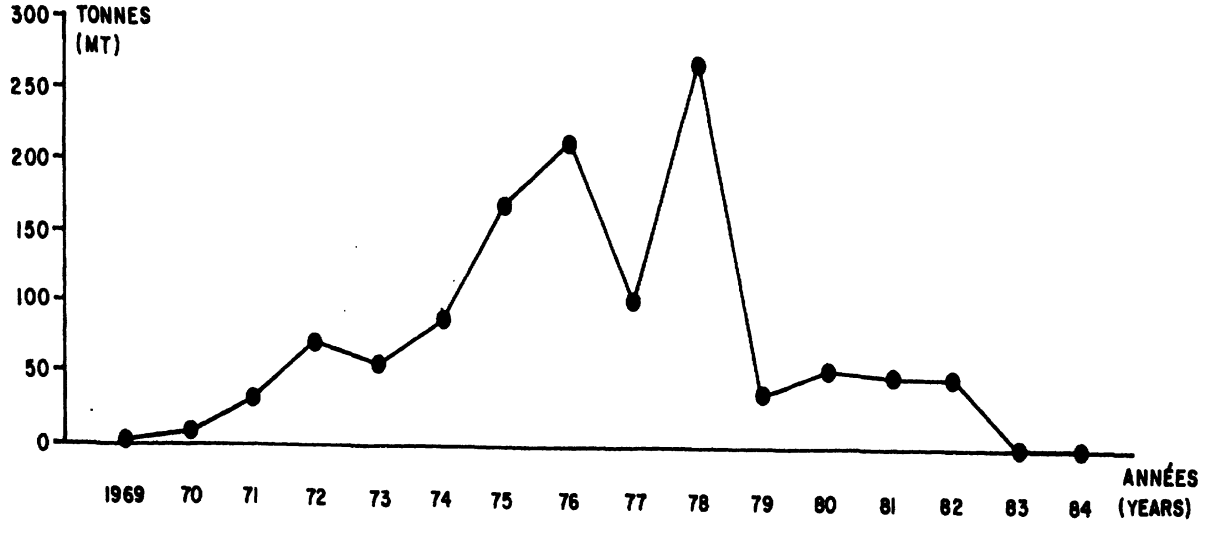



Figure 10 : Exportations de trocas de Vanuatu (BOUR et GRANDPERRIN, 1985)
*Trochus exports from Vanuatu.*

captures (centaines de tonnes)
catch (hundreds of tonnes)

price/tonne ( $ Aus x $10^2$ )
prix/tonne

15
10
5
0

1912
1920
1930
1940
1950
1960

**Figure 11 : Exportations de trocas d'Australie.**
***Trochus exports from Australia (NASH, 1985).***

The scarcity of trochus on the world market caused fishing to resume in the area of Cairns in 1978, but catches remained small, less than 100 tonnes a year. Only four boats were operating from 1981 to 1983 and fishing virtually ceased in 1984. The long distance from the port to the Great Barrier Reefs and all the ensuing difficulties probably made this activity unprofitable. legislation, introduced in 1932 and still in force authorises fishing of trochus larger than 6 cm in diameter.

### 3.2.6 New Caledonia

Export figures are available from 1907 (Figure 12). This fishery has known three flourishing periods, thus:

- **1918-1940:** Catches varied between 200 and 1,000 tonnes a year. A small pearl-shell industry existed in Noumea around 1920.

- **1946-1960:** In the post-war period the fishery was started up again at excessive levels with a resulting sharp drop between 1954 and 1960. The mining "boom" in the sixties helped to keep catches at a very low level until the mining crisis occured at beginning of the 1970s.

- **1975-1984:** The difficulties of the mining industry caused much of the labour force of the villages to fall back on fishing activities, especially fishing for trochus, the stock of which, having been left untouched for about 10 years, had reached a maximum level. Catches rose to a record figure in 1978 with 1,915 tonnes, i.e. about a third of world production at that particular period (Bour and Hoffschir, 1985). Despite a buoyant market and a sustained fishing effort, present exports are below 350 tonnes. Regulations control only the size; until 1983 the minimum diameter was 8 cm, but a double restriction was imposed subsequently, with a minimum allowable size of 9 cm and a maximum of 12 cm, in order to protect the first spawnings of the young animals and those of the very old ones with spoilt shells of little or no market value.

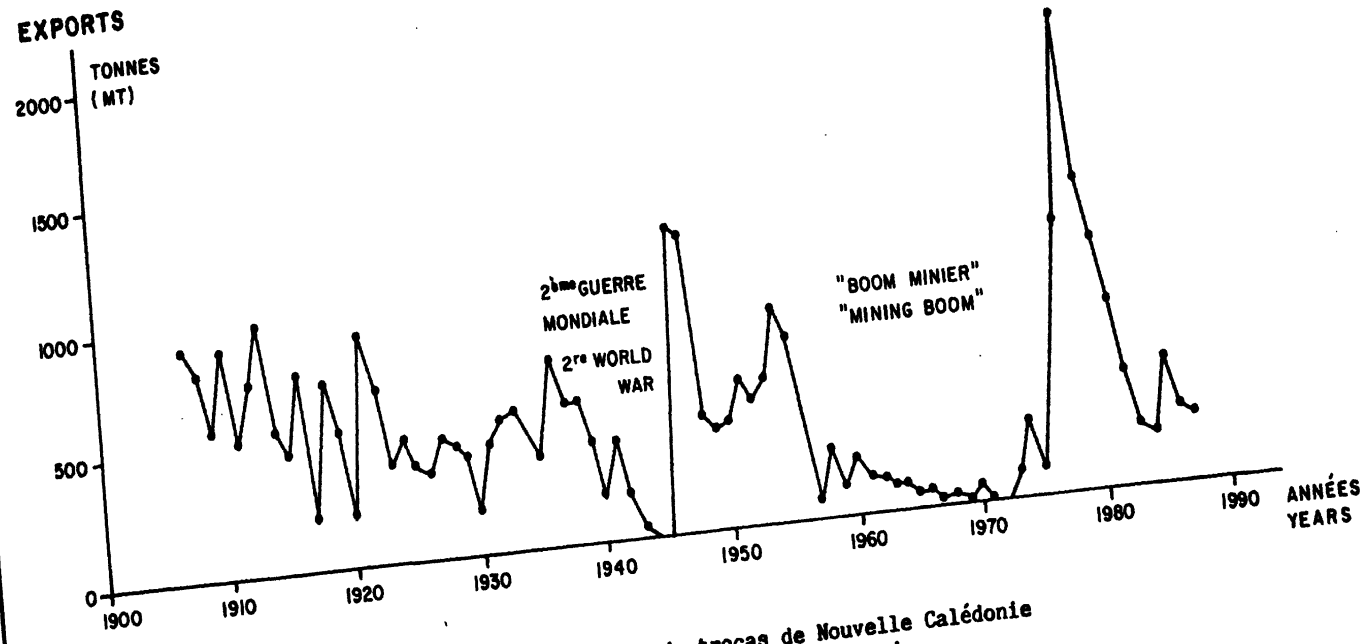



Figure 12 : Exportations de trocas de Nouvelle Calédonie
*Trochus exports from New Caledonia.*

### 3.2.7 Fiji

The Fiji islands lie within the area of natural occurrence of the trochus which are thus the target of small fisheries directed towards export of shells. The figures for exports to Japan are available from 1970 onward (source: IUCN), (figures in metric tonnes: MT).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1970: | 81 MT | 1975: | 7 MT | 1980: | 148 MT |
| 1971: | 44 MT | 1976: | 31 MT | 1981: | 166 MT |
| 1972: | 50 MT | 1977: | 46 MT | 1982: | 220 MT |
| 1973: | 71 MT | 1978: | 87 MT | | |
| 1974: | - MT | 1979: | 106 MT | | |

The 1986 annual report of the Fiji Fisheries Division gives the following figures for overall exports between 1981 and 1986:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1981: | 182 MT | 1984: | 340 MT |
| 1982: | 219 MT | 1985: | 274 MT |
| 1983: | 334 MT | 1986: | 233 MT |

Regulations regarding size, if they exist, are not known.

### 3.2.8 French Polynesia

Trochus was introduced to the Tahiti reefs in 1957 and commercial fishing began only in 1971 (Yen, 1985). The initial stock was estimated at more than 2,500 tonnes. Fishing is regulated by means of three year revolving reserves and is also subject to an annual quota system. Figure 13 shows catches and quotas for the years 1971 to 1983. A sharp drop in the stock was observed in 1984. Sizes authorised are between 8 and 12 cm.

### 3.2.9 Cook Islands

Trochus was introduced in 1957 on the atoll of Aitutaki, using 40 individuals transplanted from Fiji (Sims, 1985). Fishing did not begin until 1981, with a quota of 30 tonnes and a collecting season restricted to 3 months. In point of fact 200 tonnes were taken over a period of 15 months! A new season was opened in 1983 and yielded 36 tonnes. Although the quota was set at 20 tonnes in 1984, 46 tonnes were taken in 12 days. An attempt to introduce trochus to the Makatea islands in the South was not successful. Sizes authorised are between 8 and 12.5 cm, but the upper limit was brought down to 11 cm in 1984.

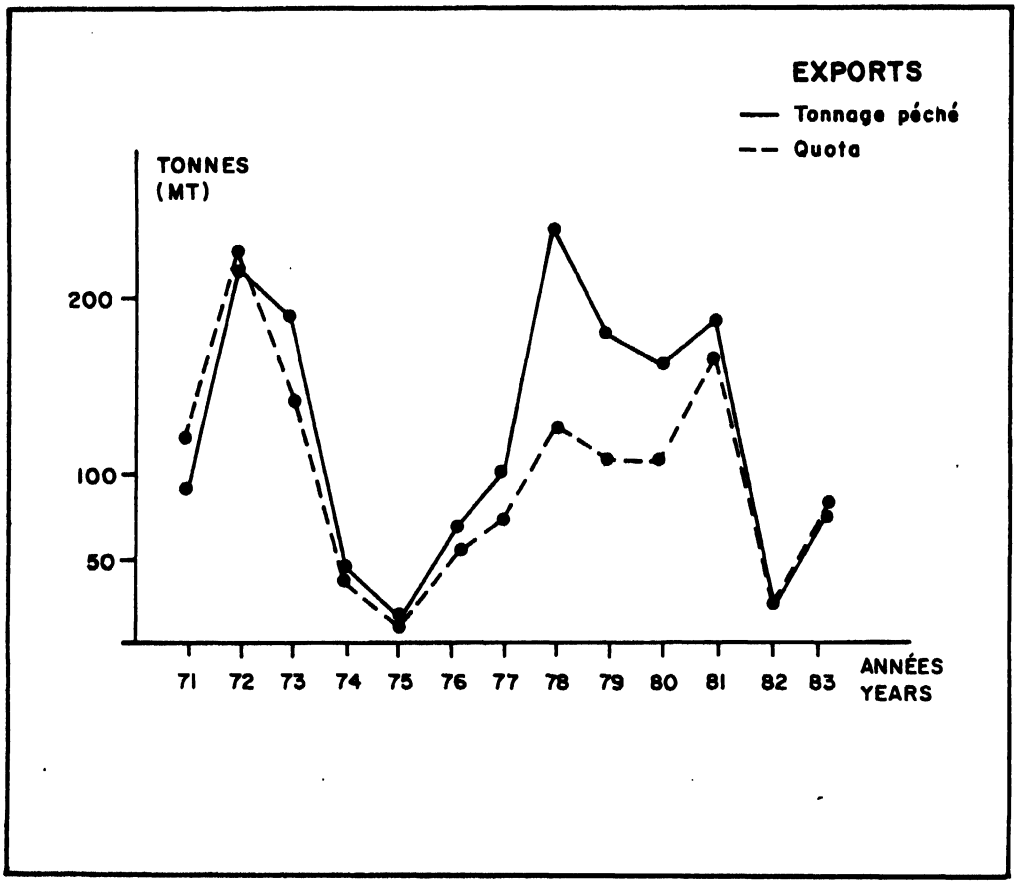



Figure 13 : Exportations de trocas de Polynésie Française (YEN, 1985).
*Trochus exports from French Polynesia.*

### 3.3 Recent introductions

The foregoing description of the principal fisheries in the area brings out the fact that several of them are the result of introductions made some decades beforehand.

The annex compiled by Gillett (1986), gives an excellent summary of these operations. It can be seen that transplantations, which began in the years 1930-40 in Micronesia, were mainly carried out, in the years 1950-60 and have came to the fore again in 1981. In the past introductions were made at great distances in, as it were, inter-archipelago operations; and they extended far to the east of the area of natural distribution of the species. At the present time, inter-archipelago operations are developing with a view to establishing the animal on the islands around the initial point of introduction.

The good knowledge that we now have about the biology of the trochus and its ecological requirements makes it possible to carry out introductions with a better chance of success than in the past. A recent operation between Fiji and Tokelau (Gillett, 1986) showed how important it is to take precautions in handling the shells and in the way in which they are transported, particularly as regards oxygenation of water if they are to travel for longer than two days.

To date no harmful consequence has been reported following transplantations (only Sims, 1984) has noted possible competition with Turbo setosus on Aitutaki.) This has led some authors to advocate further introductions, e.g. Parkinson (1984) for Tuvalu.

## 4. WORLD TROCHUS MARKET

### 4.1 Production

World production of trochus shells varies, according to the different authors, between 3,000 and 6,000 tonnes a year.

Apart from the South Pacific, the other producer countries are Indonesia, Philippines, India and Thailand.

Table 1 sums up the figures given by Carleton (1984) in a economic survey of trochus, in particular for the Japanese market.

**Table 1**

**Imports of trochus to Japan (from Carleton, 1984)**

| | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tonnages imported (MT)** | 1806 | 2579 | 1893 | 2214 | 2088 | 2069 |
| **From Asia (%)** | 34 | 33 | 36 | 28 | 36 | 35 |
| **From South Pacific (%)** | 66 | 67 | 64 | 72 | 64 | 65 |

This table shows that South Pacific countries supplied two thirds of the Japanese market and that this overall figure has remained relatively stable over the period considered despite the fact that fluctuations in production occur in each of the countries concerned. For example, New Caledonia's share has varied between 5 and 33% while that of Solomon Islands has varied between 8 and 22%.

In addition to Japan, the other importing countries are Singapore, the Federal Republic of Germany, Hong Kong, Spain, Italy, France and the United Kingdom.

The quality of the shell varies according to the area of production. It is the Indonesian trochus, known as "Macassar" that is considered as having best-quality pearl-shell; it serves as a standard to fix the price for other qualities. Purchase price for this shell by Japan was 1,000 US$ a metric tonne in 1977. By 1982, it had risen to 2,000 US$ while the South Pacific trochus was being sold at between 1,200 and 1,650 US$ a tonne.

### 4.2 Using the shells

The main part of the production of untreated shells is used for making pearl buttons. The left over pieces are used in jewellery making and marquetry.

In the period 1978-1981, Japan's button industry turned out about 75 tonnes of buttons a year, which is about 136 million finished buttons. Half of these were exported to Hong Kong and the remainder to the United States of America and to Europe (Carleton, 1984).

### 4.3 Prices

As we have seen, the price paid by Japan for untreated shells doubled between 1977 and 1982 when it reached 2 US$ a kg. The downgrading (and consequent underpricing) of trochus from the Pacific compared with Indonesian trochus diminished over this period, from 44 to 25%.

The figures quoted by Carleton for button blanks and for finished buttons, gives an idea of the value added by working the untreated shells:

- prices for button blanks were between 11 and 37 US$ a kg, according to the country of origin, between 1978 and 1982;
- finished buttons were sold by Japan at 37 $U.S. a kg in 1978 and 48 $U.S. in 1981, i.e. an average increase of 9% per year.

## 5. QUANTITATIVE ESTIMATES OF STOCKS

### 5.1 Direct measurements using density figures

An effective method of assessing the status of a stock of trochus and monitoring variations is to count them by swimming under water on the reefs, along transects or in a known area. The number counted for a given unit of area gives a density that makes it possible to compare sampling sites with one another.

#### 5.1.1 Procedures for measuring density

Counting is usually carried out by free diving or scuba diving. On the emerged reef-flats the transects can sometimes be covered on foot. As the trochus tends to hide away by day, counting requires a good deal of experience of distinguishing the animal from its biotope.

Different procedures have been described by various authors:

- On Guam, Smith (1979) compared densities on the leeward reefs with those on the windward reefs. To determine the former, he took a transect 100 m long and an observation corridor 2 m wide, hence an area of 200 m2, with a measurement every 10 linear metres; for the latter the underwater channels formed the transects.
- In Papua New Guinea, Tenakanai (project document) also advocates 100 m transects distributed by depth layers of 5 m each on different type of reef.

- In the Cook Islands, Sims (1985) tried to measure density by freely counting trochus for an hour at a time on an approximately evaluated area. This procedure proved inappropriate and the method using a transect of 100 m with a 4 m corridor was finally selected.

- In French Polynesia, Yen (1985) used the method advocated by Salvat: a transect divided into units of 5 m2 running perpendicularly to the shore as far as the reef slope. Counting was repeated every 500 m.

- In Australia, Nash (1985) did counts using 2 different methods according to the depth of the area being surveyed. On the shallow intertidal reef-flats, a transect measuring 30 m by 1.5 m (i.e. 90 m2) was sampled on foot; the other areas were assessed by divers (free or scuba) over a given period of time.

- In New Caledonia, Bour and Hoffschir (1985) used transects laid out at random on the reef. The number of transects depends on the reef area to be surveyed and the means at the disposal of the researchers. A corridor 2 m wide is explored with a "flowmeter" and a compass. Use of the compass enables the transect to be kept approximately linear; its length varies according to the morphology of the reef and is estimated by reading the flowmeter. When currents are relatively strong, the transect is covered twice, with and against the current in order to cancel out its effect on measurement of distance. The start of the transect is marked by a buoy and a circular area within a radius of about 3 m from the buoy is examined with special care to assess the proportion of trochus concealed under the chunks of coral. This enables the transect count to be corrected accordingly.

Generally authors supplement the counts by measurements size; densities by weight can thus be calculated from a size/weight ratio.

All these procedures have advantages and the choice between them depends on the size, the morphology and the location of the reefs to be sampled.

A few simple rules should be observed in drawing up a sampling plan:

(1) sampling sites should be distributed at random throughout the trochus biotope and not concentrated on patches of great abundance known to fishermen;

(2) the surface area surveyed should be estimated as accurately as possible;

(3) if possible the same transect should be examined by two divers to limit the "observer effect";

(4) the hidden fraction of the trochus population must be assessed (night diving) and a minimum size for counting should be determined beforehand (generally 30 mm).

### 5.1.2 Results of density measurements

To facilitate comparisons, densities published by various authors have been converted, when not already expressed in this way into number of trochus per hectare (tr/ha).

On Guam, McGowan (1958) found densities ranging from 172 to 572 tr/ha. Smith (1979) gave the following ranges for major reef zones:

- 25 to 1225 tr/ha on the outer reef flat
- 65 to 1065 tr/ha on the reef slope
- 75 to 1015 tr/ha in the area 6 m deep
- 50 to 825 tr/ha in the area 12 m deep.

On Yap, Fagolimul (1987) found densities varying between 200 and 3300 tr/ha.

In the Cook Islands, Sims (1985) reported a maximum density of 6000 tr/ha in the central part of the reef flat and average figures ranging, according to the zone, from 100 to 2500.

In New Caledonia, a maximum of 8050 tr/ha has been found in the north of the island for small trochus (Bour et al., 1985); the average obtained from the 312 survey sites is 176 tr/ha.

These figures show that trochus density varies widely on the reefs. The effect of currents on larvae in their planktonic stage together with the sedentary nature of the adults probably explain the distribution of trochus in patches.

### 5.1.3 Estimates of biomass from density

When size measurements taken during a count make it possible to calculate a average weight per survey site, density can be expressed as weight. If the surface area of the reef zone that is suitable for trochus can also be estimated, it is then quite easy to determine the biomass present on the reef.

Identification of an area suitable for trochus is a mapping problem which can now be solved very efficiently by remote sensing techniques.

The high resolution of the satellite images produced by LANDSAT (thematic mapper) and SPOT make it possible to obtain thematic maps of vast areas of reef (several thousand km2) for the depth layer of the first fifteen metres, which is precisely where the great majority of trochus is found. Processing of the images by specialised computer gives an estimate of the surface

area covered by each type of bottom milieu or biotope that is mapped. In New Caledonia the results thus obtained have been compared with those produced by the conventional photo-interpretation procedures and this comparison has demonstrated the precision and efficiency of the new techniques for studying reef resources (Bour et al., 1986). (Figure 14.)

### 5.2 Indirect measurements calculated from fisheries statistics

#### 5.2.1 Catch per unit of effort

In certain cases the abundance of a resource can be evaluated from the catch per unit of effort (CPUE) when statistics supply information about the fishing effort and the latter is comparable from one zone to another. However this is rarely the case for trochus, for which usually the only statistics available are those relating to exports.

Doumenge (1973) has given some CPUE for Tahiti: on average 221 kg/diver/day.

Nash (1985) gives average figures for the Great Barrier Reef between 1979 and 1982: 20 to 127 kg/diver/day.

#### 5.2.2 Cohort analysis

This analytical model has the advantage of not requiring fishing effort data and it does not use the catchability coefficient whose invariability is far from being ascertained for trochus fishing. On the other hand it does require a good knowledge of the growth and age structure of catches. An analysis of this type has been carried out in respect of catches made in New Caledonia (Bour and Hoffschir, 1985); it required the following data:

- a size/weight/age key;
- catches by numbers, broken down by ages, for the period of time in question;
- numbers by age group for the last year (when measurements on the site were being taken);
- coefficients of mortality through fishing for each group in the last year. These are estimated from the catches and preceding numbers;
- coefficients of mortality resulting from fishing for the last age group. These are obtained by sampling size frequencies of the trochus making up the catches;
- the coefficient of natural mortality is taken to be invariable whatever the age. It is estimated either by tagging operations, or by analysis of size frequencies of trochus in zones that are little fished or not at all.

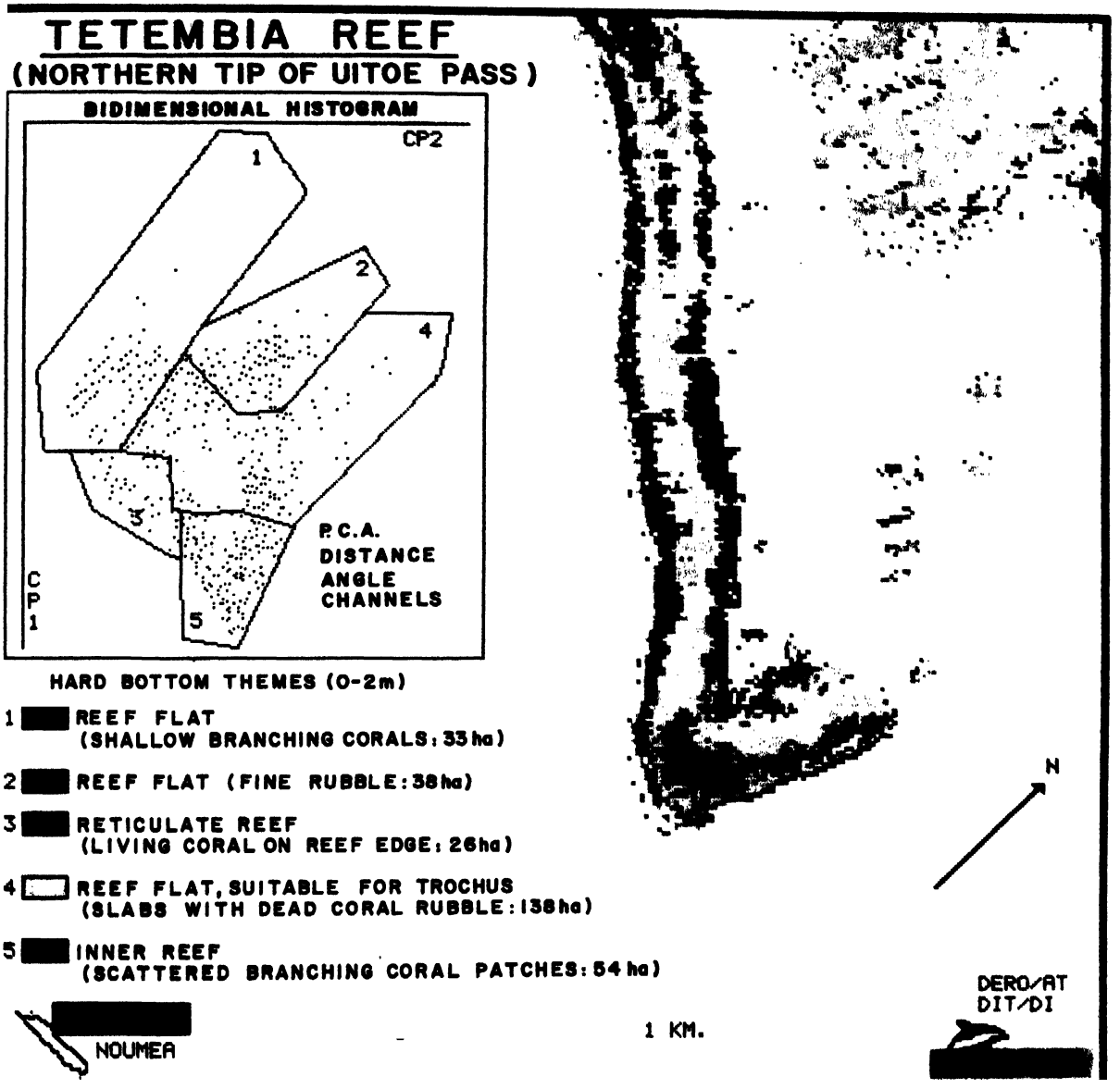



Fig. 14 - Récif Tétembia. Thèmes fonds durs (0 - 2 m)
1 : Platier corallien. (Coraux branchus peu profonds)
2 : Platier corallien. (Débris fins)
3 : Platier réticulé. (Coraux vivants de bordure)
4 : Platier favorable aux trocas. (Dalles recouvertes de débris coralliens)
5 : Pente interne. (Coraux branchus en taches).

Cohort analysis gives a retrospective picture of the growth of the population, by age group and for the period in respect of which catch numbers are known per age group. By this method it is possible in particular to compare the numbers of the youngest age group from one year to another and therefore to observe the effect of fishing on a selected age group. Thus the excessive fishing in 1978 in New Caledonia divided the numbers of the age group recruited in 1982 (trochus aged 4 years) by 2.5. Information about the age groups that are most affected by fishing is also brought out (Figure 15).

By means of the size/weight/age key, it is possible to convert all the numbers obtained by cohort analysis into biomass available for fishing each year and hence to calculate the optimum sustainable catch (MSY) per year by applying a fishing rate that is considered reasonable to these biomass figures. Comparison with figures for actual catches is often very telling as is shown by Table 2 below.

**Table 2**

**Comparison of actual catches and optimum catches (MSY) in New Caledonia**

| | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Actual catches (in MT) | 1915 | 1245 | 1012 | 724 | 350 | 241 | 205 |
| Optimum catches (in MT) | 396 | 217 | 191 | 198 | 217 | 210 | 225 |

### 5.2.3 Yield by recruit

Generally speaking the recruitment of young trochus into a fishery is difficult to demonstrate. An analysis of size frequencies carried out at a given place over a long period can sometimes indicate fluctuations in recruitment. This presupposes an area which is not much fished and a spawning season that makes it possible to separate the age groups. On the other hand, some reefs are commonly observed to be rapidly restocked while others are not. Recruitment is thus a very difficult parameter to quantify; consequently calculations of yield (or catches) by age group are expressed as yield by recruit. Nash (1985), taking mortality rates, calculated figures for the Australian reefs: yield by recruit appears to reach its maximum for trochus aged 3 to 4 years of sizes from 7.9 to 9.6 cm.

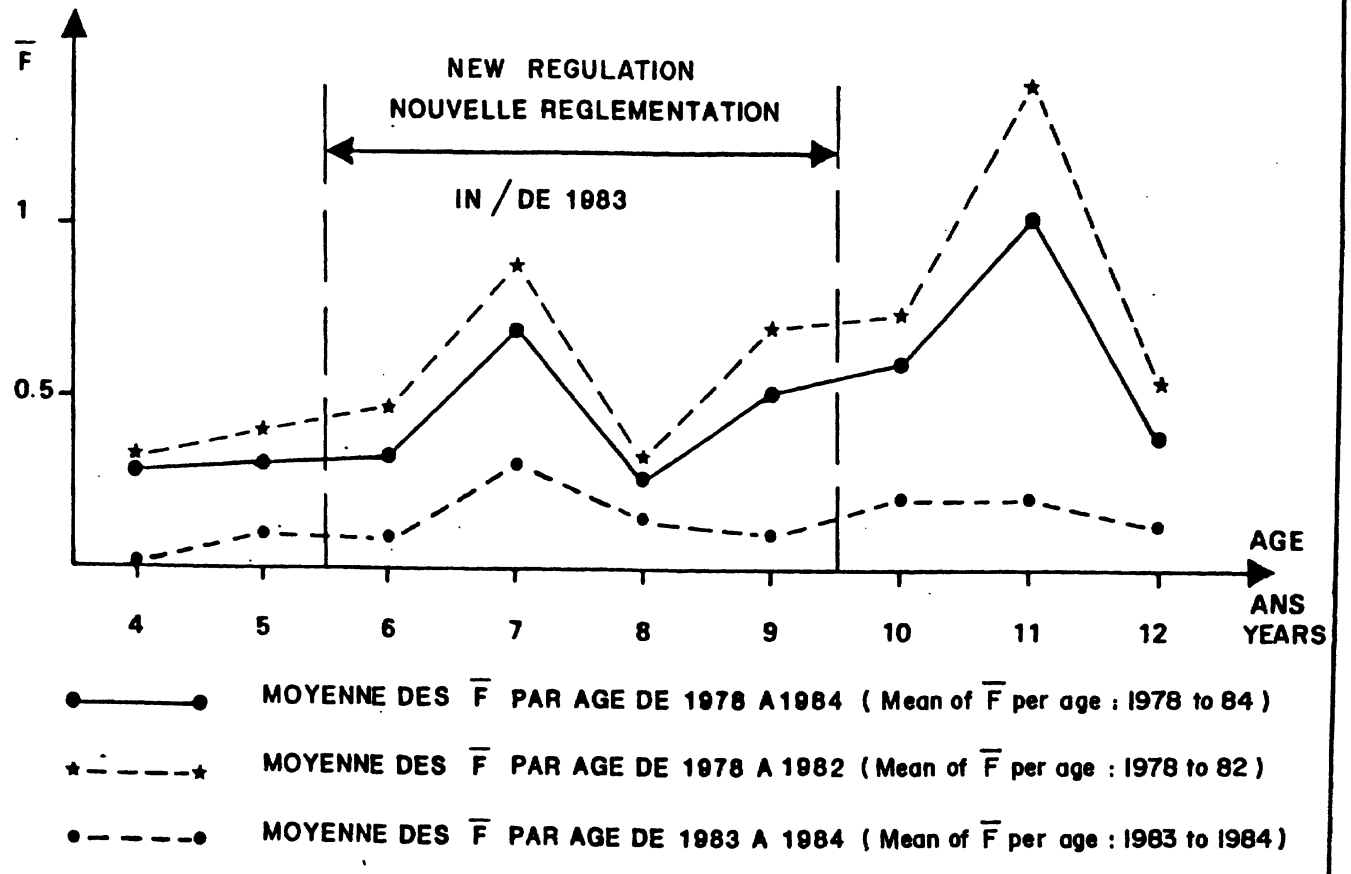



**Figure 15 : Comparaison des évolutions du coefficient de mortalité par pêche $\bar{F}$ par classe d'âge. Incidence de la réglementation de 1983.**

***Evolution of fishing mortality coefficient $\bar{F}$ per class age . Impact of new regulation since 1983.***

## 6. MANAGEMENT OPTIONS AND CONCLUSIONS

The trochus represents exactly the kind of biological resource that is perfectly suited to the economy of South Pacific Island countries. Trochus production has the following advantages:

- collection does not require sophisticated means;
- the important marketable product is the pearl shell, which is a non-perishable renewable commodity. The flesh is a by-product, useful as a supplementary food source for the fishermen;
- the shells can be exported; they are in great demand on the international market and therefore a source of foreign currency;
- small workshops for working the shells provide jobs and produces a substantial added-value earning;
- the natural area of distribution of the stock can be increased by transplantation to reefs that are little-settled or not at all by trochus.

On the other hand, a trochus fishery requires strict management because stocks are fragile and their regeneration may be slow.

The main management options are as follows:

### (1) Size limitations:

This is a regulation which is easy to verify when the shells are being shipped out. The smallest size must not be less than 8 cm diameter in order not to disrupt production of juveniles. This regulation may be accompanied by another concerning the maximum size, which should not be more than 12 or 13 cm in order to leave on the reef some genitors whose shell is of less value but whose potential fertility is still high.

### (2) Catch quotas:

Quotas may be established for the whole of the fishery or by major zones or even determined by fishing boats. All these options require catch per unit of effort statistics over a long chronological series in order to set realistic quotas. Verification usually entails lengthy administrative processes which handicap the fishermen.

Nash (1985) advocates an overall quota of 500 MT for the Australian Great Barrier Reef; Bour and Hoffschir (1985) recommend a quota of 400 MT for New Caledonia, after a period of smaller quotas which will enable the biomass to return to its optimum level, which has been estimated at 4000 MT.

**(3) Closing fisheries:**

It is possible to forbid fishing in certain zones on a rotating basis or for a period of the year. Experience has shown however that on-site supervision for enforcement of such closures is illusory; furthermore, to stop production is harmful for an export resource.

**(4) Sanctuaries:**

Heslinga et al. (1984) recommend the establishment of totally protected zones (sanctuaries) to serve as larvae reservoirs for the adjacent reefs. The choice of these zones should be scientifically made and they should be very efficiently supervised.

Management procedures are thus, on the whole, difficult to implement and to supervise. The answer to this problem is probably to produce larvae and juveniles by aquaculture techniques in order to reseed overfished reefs. We have seen that it is easy to produce trochus juveniles on a small scale; it is now necessary to discover what difficulties would be encountered in larger scale production and the survival rates, for various sizes, of juveniles released into the natural environment.

Reseeding trials are being conducted in New Caledonia and in Japan where the many reefs of Okinawa, which were killed by Acanthaster, might form trochus reserves (Yamaguchi, pers. comm.). The results so far obtained indicate that it should be possible to transfer juveniles to the reefs at the size of 2.5 to 3 cm, i.e. after 8 to 10 months of rearing in ponds.

Such aquaculture operations should make it possible for the South Pacific countries to go beyond the trochus collection stage and to produce a raw material that is out of the ordinary and has a bright future before it.

## BIBLIOGRAPHIE / BIBLIOGRAPHY


Allan, J. 1947 - The trochus. Fish. Newsl. (Australia), 6(2) : 20-21, 23.

Amirthalingam, C. 1932a - Correlation of sex and shell structure in molluscs. *Trochus niloticus* Linn. Current Sci. 1:72-73.

Amirthalingam, C. 1932b. *Trochus niloticus* Linn. in Andaman waters. Nature, 130:98.

Amirthalingam, C. 1932c. Breeding of trochus and preservation of the beds in the Andamans. Current Sci. 1:31.

Angot, M. 1958 - Trochus research in New Caledonia. S. Pac. Comm. Quart. Bull. 4:25-28, 33.

Angot, M. 1968 - Etude du nanisme chez le trocas *(Trochus niloticus*, Linné), coquillage à nacre de Nouvelle Calédonie. Cah. ORSTOM sér. Océanographie 6(2): 33-45.

Appukuttan, K.K. 1977 - *Trochus* and *Turbo* fishery in Andamans. Sea-food Export Journal, 9(12): 21-25.

Asano, N. 1937a - On the distribution and variation of top shells in Truk. [in Japanese]. Suisan Kenkyushi (J. Fisheries) 32(5): 255-259.

Asano, N. 1937b - Report of a survey of suitable sites for transplantation of Trochus (Takasegal). I. Saipan Island. [in Japanese]. Nanyo Suisan Jijo (South Sea Fishing News), 1(5): 123-126.

Asano, N. 1938a - Report of a survey of suitable sites for transplanting Trochus (Takasegal). [in Japanese]. Nanyo Suisan Jijo (South Sea Fishing News), 2(8): 105-114.

Asano, N. 1938b - On the spawning season of Trochus (Takasegal). [in Japanese]. Nanyo Suisan Jijo (South Sea Fishing News) 2(9): 126-130.

Asano, N. 1939a - On the visibility of Trochus (Takasegal) when exposed to the air. [in Japanese]. Nanyo Suisan Jijo (South Sea Fishing News), 3(3): 172-174.

Asano, N. 1939b - On the spawning season of top shell. [in Japanese]. Suisan Kenkyushi (J. Fisheries), 34(1): 36-38.

Asano, N. 1944 - On the growth of top shell. [in Japanese]. Suisan Kenkyushi (J. Fisheries), 35(4): 92-98.

Asano, N. 1944 - On the food of top shell *(Tectu (Pyramidae) niloticus* (Linne)) from Palau Islands. [in Japanese]. Kagaku Nanyo (Science of South Seas), 15(: 126-128.

Asano, N. and N. Kobayashi. 1938 - A basic study of *Trochus*.[in Japanese]. Nanyo Suisan Jijo (South Sea Fishing News), 2(4): 84-86.

Binet, D. 1984 - Copepodes planctoniques du lagon de Nouvelle-Calédonie : facteurs écologiques et associations d'espèces. Mem. Biol. 82(2): 143-156.

Birkeland, C. 1978 - Other invertébrates. In "Guam's Reefs and Beaches", ed. R.H. Randall. Univ. Guam Mar. Lab. Tech. Rept. : 48-77.

Bouchet, P. and W. Bour. 1980 - The trochus fishery in New Caledonia. S. Pac. Comm. Newsl. 20: 9-12.

Bour, W. 1979 - Trochus fishing in New Caledonia. Working paper No. 11. Eleventh Regional Technical Meeting of Fisheries South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia :

Bour, W. 1984 - Remote sensing and thematic mapping of reefs: Its use for identifying the biotope suitable for trochus. S. Pac. Comm. 16th Regional Tech. Meeting on Fisheries, Nouméa, New Caledonia. Working paper 11. 3 pp.

Bour, W., F. Gohin and P. Bouchet. 1982 - Croissance et mortalité naturelle des trocas *(Trochus niloticus* L.) de Nouvelle Calédonie. Haliotis, 12: 71-90.

Bour, W. and R. Grandperrin. 1985 - Croissance des trocas à Vanuatu. Mission ORSTOM de Port-Vila. Notes et Documents d'Océanographie 14: 31 pp.

Bour, W. and C. Hoffschir. 1985a - Evaluation et gestion de la ressource en trocas de Nouvelle Calédonie. ORSTOM Report, Nouméa, New Caledonia: 28 pp. + tables.

Bour, W. and C. Hoffschir. 1985b - Assessment and management of the trochus resource in New Caledonia [English version of Bour and Hoffschir 1985a]. South Pacific Commission, 17th Regional Technical Meeting on Fisheries, Noumea, New Caledonia: 15 pp.

Bour, W. and F. Gohin. 1985 - Trochus shells: a resource for New Caledonia. [English version of Bour, Gohin and Bouchet 1982]. ORSTOM Report, Nouméa, New Caledonia; 18 pp.

Bour, W., R. Chaume, C. Conand, L. Loubersac and P. Rual. 1985 - Use of high resolution satellite Imagery (SPOT-LANDSAT) in the thematic mapping of three coral reefs of New Caledonia. [Abstract] Proc. Fifth Int. Coral Reef Congress 2:42.

Bour, W., L. Loubersac and P. Rual. 1985 - Reef thematic maps viewed through simulated data from the future SPOT satellite. Application to the biotop of topshell *(Trochus niloticus)* on the Tetembia Reef (New Caledonia). Proc. Fifth Coral Reef Congress 4:225-230.

Bryan, P.G. 1975 - Marine survey of Helen Reef, Palau District, April 1975. Unpublished report to the District Administrator, Palau District, U.S. Trust Territory of the Pacific Islands.

Carleton, C. 1984a - The production and marketing of topshell or button shell from the Pacific Islands. Infofish Marketing Digest, 6/84: 18-21.

Carleton, C. 1984b - Miscellaneous marine products in the South Pacific: A survey of the markets for specific groups of miscellaneous marine products. South Pacific Forum Fisheries Agency: Honiara, Solomon Islands: 147 pp. + Appendices.

Chatterjee, S. 1976 - Andaman shell handicrafts. Yojana, 20(13): 70-71.

Compton, R.H. 1917 - New Caledonia and the isle of Pines. Geographical Journal, 49(2): 81-106.

Conand, F. 1987 - Biologie et écologie des poissons pélagiques du lagon de Nouvelle Calédonie utilisables comme appât thonier. Thèse Université de Bretagne Occidentale.

Coudray, J. 1977 - Recherches sur le Quaternaire marin de la Nouvelle Calédonie: état des connaissances et perspectives de recherche. Mem. Géol. Univ. Dijon, 7: 63-72.

Dahl, A. 1980 - Regional ecosystems survey in the South Pacific area. South Pacific Commission Tech. Pap., 179: 99 pp.

Daniel, A. and A.S. Rajagopal. 1973 - Molluscs of economic value from Great Nicobar Island. J. Bombay Nat. Hist. Soc. 70 (2): 394-398.

David, G. 1985 - Pêche de subsistance et milieu naturel. Les mangroves de Vanuatu et leur intérêt halieutique. Mission ORSTOM de Port-Vila. Notes et Documents d'Océanographie, 13: 67.

Devambez, L.C. 1959 - Survey of Trochus reefs in the central and southern groups of the New Hebrides. S. Pac. Comm. unpubished report: 7 pp.

Devambez, L.C. 1960 - 1957 trochus transfer to Cooks apparently successful. S. Pac. Bull., 10(4): 31,36.

Devambez, L.C. 1961 - Report on a supplementary survey of Trochus and green snall reefs in the central and southern groups of the New Hebrides. S. Pac. Comm., unpublished report: 12 pp.

Dodge, H. 1958 - A historical review od the mollusks of Linnaeus. Part 6. The genus *Trochus* of the class Gastropoda. Bull. Amer. Mus. nat. Hist., 116:153-224.

Doumenge, F. 1973 - Developing the exploitation of *Trochus niloticus* stocks on Tahiti reefs. S. Pac. Comm. Fish. Newsl., 10: 35-36.

Dugas, F. et J.P. Debenay. 1978 - Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle Calédonie 1/50 000 feuille "Mont-Dore". ORSTOM, notice explicative n° 76 - 20 p.

Fagolimul, J. 1978 - A survey of YAP outer islands recently seeded with trochus. Report; YAP Dept. of Resources and Development (May 1987).

Gail, R. 1955 - Rapport au Conseil Général (non publié), IFO, Nouméa: 5 p.

Gail, R. 1957a - Research on trochus biology and fishing *(Trochus niloticus)*. S. Pac. Comm. unpublished report : 8 pp.

Gail, R. 1957b - Trochus fishing. S. Pac. Comm. Quart. Bull. 7(1): 48-49.

Gail, R. 1958 - Contribution à l'étude du Troca en Nouvelle-Calédonie. Rapport ORSTOM (non publié), Nouméa, New Caledonia: 43 pp.

Gail, R. and L. Devambez. 1958 - A selected annotated bibliography of trochus *(Trochus niloticus* Linn.). S. Pac. Comm. Tech. Pap. 111:1-18.

Gardner, J. 1948 - Bringing in the trochus in the Palau Islands. The Nautilus 61(3): 73-75.

Gillett, R. 1986 - The transplantation of trochus from Fiji to Tokelau. UNDP/OPE Integrated Atoll Development Project. 28 pp.

Glucksman, J. and R. Lindholm. 1982 - A study of the commercial shell Industry in Papua New Guinea since World War Two with particular reference to village production of trochus *(Trochus niloticus)* and green snall *(Turbo marmoratus)*. Science in New Guinea, 9(1): 1-10.

Gulland, J.A. 1969 - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : analyse des populations. Manuels FAO de science halieutique, 4: 160pp.

Hancock, D.A. and SIMPSON, A.C. 1962 - Paramètres of marine invertebrate populations. In : The exploitation of natural animal populations. Ed. Le Cren, E.D & Holdgate, M.W., Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Hedley, C. 1917 - The economics of *Trochus niloticus*. Aust. Zoll. 1:69-73.

Heslinga, G.A. 1980a - Report on Palau's trochus hatchery project. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 20:4-8.

Heslinga, G.A. 1980b - A breakthrough in mariculture promises to bring back trochus. Hawaiian Shell News, 28(4): 1,12.

Heslinga, G.A. 1981a - Larval development, settlement and metamorphosis of the tropical gastropod *Trochus niloticus* Linnaeus. Malacologia, 20: 349-357.

Heslinga, G.A. 1981b - Growth and maturity of *Trochus niloticus* in the laboratory. Proc. Fourth Coral Reef Symp. 1: 39-45.

Heslinga, G.A. and A. Hillmann. 1981 - Hatchery culture of the commercial top snail *Trochus niloticus* in Palau, Caroline Islands. Aquaculture 22: 35-43.

Heslinga, G.A. and O. Orak. 1984 - A permanent tag for large marine gastropods. Aquaculture 36: 69-172.

Heslinga, G.A., O. Orak and M. Ngiramengior. 1984 - Coral reef sanctuaries for trochus shells. Marine Fisheries Review 46: 73-80.

Heslinga, G.A., O. Orak and M. Ngiramengior. 1985 - Coral reef sanctuaries for trochus shells. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 35: 17-20.

Hoffschir, C. 1988 - Méthode d'identification rapide du sexe des trocas vivants en vue d'aquaculture. Note Technique de l'ORSTOM/Nouméa n° 1, 8 pp.

Honma, K. 1987 - Growth of coral-reef Gastropods *Trochus niloticus* and *Turbo marmoratus*. Report; Dept. of Mar. Scie. Univ. of the Ryukyus.

Hooper, A. 1985 - Tokelau fishing in traditional and modern contexts p. 7-38. In L. Ruddle and R.E. Johannes (eds.) The traditional knowledge and management of coastal systems in Asia and the Pacific. UNESCO Regional Office for Science and Technology for Southeast Asia, Jakarta Pusat, Indonesia.

Hopley, D. 1982 - The geomorphology of the Great Barrier Reef. Quaternaty Development of Coral Reefs. Wiley-Interscience Publication, 453 p.

Inanimi, Y. and N. Asano. 1939 - Experiments in the transplantation of trochus at Ponape and Jaluit. [in Japanese]. Nanyo Suisan Jijo (South Seas Fish. News) 3(5): 201-217.

Izumi, M. 1987 - Summary translations of trochus research from South Seas Fisheries news 1937-1939. FAO/UNDP Document 87/2 : 26 pp.

Johannes, R.E. 1978 - Improving Ponape's reef and lagoon fishery. Mar. Resources Div., Ponape District, U.S. Trust Territory of the Pacific Islands, unpublished report: 28 pp.

Kataoka, C. 1983 - The progress of the pearl shell fishery in the South Pacific. [in Japanese]. Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ. 32: 1-28.

Kotaki, Y., Y. Oshima and T. Yasumoto. 1981 - Analysis of paralytic shellfish toxins of marine snails. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47(7): 943-946.

Lannelongue, N. et G. Saint.. 1987 - Simulation d'images SPOT, filière radiométrique, annexe technique. Fiche F2. GDTA Toulouse.

Laurec, A. et Le Guen , J.C. 1981 - Dynamique des populations marines exploitées. GSGGS/CNEXO, Rapports Scientifiques et Techniques, n° 45.

Le Guen, J.C. 1973 - Croissance des Albacores *(Thunnus albacares)*. Doc. Scient. CRO Abidjan, IV (3): 1-28.

Lewis, A.D. (Ed.) 1986 - Fishery Resource Profiles. Information for development planning. Fisheries Division, Ministry of Primary Industry, Suva, Fiji : pp. 13-19.

Marsh, L.M., R.H. Bradbury and R.E. Reichelt. 1984 - Determination of the Physical Parameters of Coral Distributions Using Line Transect data. Coral Reefs, 2 : 175-180.

Martens, E. von. 1867 - Conchological gleanings, V. On the different ages of *Trochus niloticus* Linn. and *T. maximus* Koch. Ann. Mag. Nat. Hist., ser., 3(20): 97-103.

Mass, O. 1975 - Dangerous Waters. Rigby Press: Adelaide.

McGowan, J.A. 1956 - Current status of the trochus Industry in Micronesia. Unpublished report, Trust Territory of the Pacific Islands: 11 pp. + graphs.

McGowan, J.A. 1957 - Trochus studies in U.S. Trust Territory. S. Pac. Comm. Quarterly Bulletin 7(2): 22,23,26,32.

McGowan, J.A. 1958 - The trochus fishery of the Trust Territory of the Pacific Islands. Unpublished report to the High Commissioner, U.S. Trust Territory of the Pacific Islands, Saipan: 46 pp.

McGowan, J.A. 1959 - The *Trochus niloticus* fishery in Micronesia. Veliger, 1: 26-28.

Menon, P.M.G. 1976 - Fisheries in the Andamans. Yojana, 20(13) : 63-68.

Monod, T. 1934 - Notes on the bionomics of *Trochus niloticus* Linn. III. Sur un copépode parasite de *Trochus niloticus*. Rec. Indian Mus. 36: 213-218.

Montague, P.D. 1915 - Note sur la reproduction des Trocas. Revue Agricole de la Nouvelle Calédonie, 45: 39-43.

Montilla, J.R. and C.R. Dimen. 1952-1953 - Philippine islands shell used in button manufacturing and the Philippine Islands button industry. Bull. Fish. Serv. Philippines 3/4: 28-34.

Moorhouse, F.W. 1932 - Notes on *Trochus niloticus*. Sci. Rep. Great Barrier Reef Exped. 1928-29, 3(5): 145-155.

Moorhouse, F.W. 1933 - The commercial trochus. Rep. Great Barrier Reef Committee, 4(1): 23-29.

Motoda, S. 1938 - Useful shells in the Palau Islands. [in Japanese] Sapporo Norin Gakkaiho (Jour. Sapporo Soc. Agriculture and Forestry). Year 31, 146: 315-324.

Muller, R.G. 1973 - Trochus survey - Helen's Reef. Unpublished Report to the District Administrator, Palau District, U.S. Trust Territory of the Pacific Islands: 2 pp.

Nakajima, K. 1920 - On the top shells in the Palau Islands. [in Japanese]. Suisan Kenkyushi (Jour. Fisheries), 15(4): 47-78.

Nash, W.J. 1981 - A survey of trochus stocks on selected reefs of the central Great Barrier Reef. Unpublished report submitted to Applied Ecology Pty. Ltd., Canberra: 14 pp.

Nash, W.J. 1985 - Aspects of the biology of *Trochus niloticus* and its fishery in the Great Barrier Reef region. Unpublished report to the Queensland Dept. of Primary Industries and the Great Barrier Reef Marine Park Authority: x+ 210 pp.

Nash, W.J. 1986 - Commercial culture of the marine gastropod *Trocus niloticus* in Torres Strait: Its feasibility and prospects. In "Torres Strait Fisheries Seminar, Port-Moresby, 11-14 Feb. 1985', ed. A.K. Haines, G.C. Williams and D. Coates, pp. 133-139. Australian Govt. Publ. Service, Canberra.

Northern Australian Development Committee, 1946 - Pearl shell, bêche-de-mer and trochus industry of Northern Australia. Northern Australian Development Committee: 104 pp. + Figs., Tables.

Okajima, K. 1941 - Transplantation of trochus shells in the South Sea Islands. Nanyo Suisan Jijo (South Sea Fish. News). 7(6): 5-12 and 7(7): 9 - 15.

Panikkar, N.K. 1938 - Recent researches on trochus. Current Sci. 6: 552-553.

Parkinson, B. 1984 - A report on the potential for the introduction of Trochus *(Trochus niloticus)* to Tuvalu. S. Pac. C., Noumea, New Caledonia: 111 + 7 pp.

Parkinson, B. 1985 - The specimen shell resources of Tuvalu. S. Pac. Comm. Consultant's Report.

Powell, R. 1960 - Notes on the pearl shell market in the South Pacific. S. Pac. Comm., Noumea, New Caledonia.

Prashad, B. and H.S. Rao. 1933 - Notes on the bionomics of *Trochus niloticus* Linn. I. On a new species of *Spiroglyphus* (Vermetidae) from the Andamans. Rec. Indian Mus. 35: 409-412.

Prashad, B. and H.S. Rao. 1934 - Notes on the bionomics of *Trochus niloticus* Linn. II. On two new limpet-like gastropods from the Andaman waters. Rec. Indian Mus. 36: 1-4.

Randies, W.B. 1905 - Some observations on the anatomy and affinities of the Trochidae. Quart. J. microsc. Sci., new ser. 48: 33-78, plates 4-6.

Rao, H.S. 1936 - Observations on the rate of growth and longevity of *Trochus niloticus* Linn. in the Andaman Islands. Rec. Indian Mus. 38: 473-499.

Rao, H.S. 1937 - On the habitat and habits of *Trochus niloticus* Linn. in the Andaman Seas. Rec. Indian Mus. 39: 47-82.

Rao, H.S. 1939 - Consolidated report on the shell fisheries in the Andamans during the years 1930-35. Zool. Survey India, Calcutta: 130 pp.

Rao, H.S. and K.C.K.E. Raja. 1936 - A statistical study of the data of growth in shells of *Trochus niloticus* Linn. in Andaman waters. Rec. Indian Mus. 38: 499-503.

Reid, F. 1954 - The Trochus industry. In "The Romance of the Great Barrier Reef", pp. 182-185. Angus and Robertson: Sydney.

Richer de Forges, B., G. Bargibant, J.L. Menou, C. Garrigue. 1987 Le lagon sud-ouest de la Nouvelle Calédonie. Observations préalables à la cartographie bionomique des fonds meubles. Rapp. Scient. et Tech. ORSTOM, 45 : 111 pp.

Risbec, J. 1930 - Etude d'un mollusque nacrier, le troque, *Trochus niloticus* L. Faune des Colonis, 4: 148-189.

Robert, A. 1900 - Le Troque. In "Zoologie Descriptive" by L. Boutan, Vol. 2, pp. 381-415, text-figs. 493-508.

Robert, A. 1903 - Recherches sur le developpement des troques. Arch. Zool. exp. gen., ser. 3, 10: 269-538, planches xii-xviii.

Rougerie, F. and B. Wauthy. 1986 - Le concept d'endo-upwelling dans le fonctionnement des atolls-oasis. Oceanol. Acta, 9,2, 133-148.

Salvat, B. and C. Rives. 1980 - Coquillages de Polynésie. Les Editions du Pacifique, 2ème ed.

Seale, A. 1916 - Sea products of Mindanao and Sulu, II. Pearls, pearl shells, and button shells. Philippines J. Sci., sect. D 11: 245-264, plates 1-3.

Setna, S.B. 1932 - The Andaman shell fishery. J. Bombay Nat. Hist. Soc. 36: 94-100, plates 1-4.

Sims, N. 1984a - Notes on the ecology of *Trochus niloticus* on Aitutaki, Cook Islands. Unpubl. report, Ministry of Marine Resources, Rarotonga, Cook Is. 17 pp.

Sims, N. 1984b - The status of *Trochus niloticus* in the Cook Islands: 1984. Working paper No. 18, 16th Regional Technical Meeting on Fisheries, South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia: 26 pp.

Sims, N. 1985a - Report on the trochus seeding voyage to the northern group of the Cook Islands. Ministry of Marine Resources, Rarotonga, Cook Islands.

Sims, N. 1985b - The abundance, distribution and exploitation of *Trochus niloticus* L. in the Cook Islands. Proc. Fifth Int. Coral Reef Congress 5: 539-544.

Sims, N. (non daté) - The ecology, abundance and exploitation of *Trochus niloticus* in the Cook Islands. Ministry of Marine Resources, Rarotonga, Cook Islands.

Smith, B.D. 1979 - Growth rate, abundance and distribution of the topshell *Trochus niloticus* on Guam. M.S. thesis, Univ. of Guam: 24 pp.

South Seas Government, 1937 - Experiments on transplantation of top shells. Nanyocho Suisan Shikenjo Jigyohohoku (Rep. Fish. Exp. Sta. South Sea Govt.) No. 1 for 1923-1935, Yoshoku-bu (Propagation section): 1-7.

South Seas Government, 1938 - Experiments on transplantation of top shells. Nanyocho Suisan Shikenjo Jigyohohoku (Rep. Fish. Exp. Sta. South Sea Govt.) No. 3 for 1938, Yoshoku bu (Propagation section): 39-55.

South Seas Government, 1939 - Experiments on transplantation of top shells. Nanyocho Suisan Shikenjo Jigyohohoku (Rep. Fish. Exp. Sta. South Sea Govt.) No. 2 for 1936-1937, Yoshoku-bu (Propagation section): 121-126.

South Seas Government, 1941 - Investigation into the ecology of top shells. Nanyocho Suisan Shikenjo Jigyohohoku (Rep. Fish. Exp. Sta. South Sea Govt.) No. 3 for 1938, Yoshoku bu (Propagation section): 69-76.

Stojkovich, J.O. and B.D. Smith. 1978 - Survey of edible marine shellfish and sea urchins on the reefs of Guam. Aquatic and Wildlife Resources Division, Dept. of Agriculture, Guam, Tech. Rep. 2: 64 pp.

Talavera, V. and L.A. Faustino. 1931 - Industrial shells of the Philippines. Philippines J. Sci. 45(3): 333-336.

Tanaka, H. 1938 - Fundamental research on top shell. [in Japanese]. South Sea Fishing, 2(6): 96-97 + 4 Tables.

Thomassin, B. 1984 - Les récifs coralliens dans l'Indo-Pacifique ouest: Grands types de constructions et successions des phases d'édification. Oceanis, 10(1): 1-49.

Tomlinson, P.K. 1971 - Prog. BGC4 in : Computer Programs for fish stock assessment. Compiled by Abramson N.J. FAO Techn. Paper N° 201.

Usher, G.F. 1984 - Coral reef invertebrates in Indonesia: their exploitation and conservation needs. IUCN/WWF Conservation for Development Programme, Project No. 1688: iv + 100 pp.

Van Pel, H. 1957 - Transplanting trochus in the eastern Pacific. S. Pac. Comm. Quart. Bull. 7(3): 47.

Vermeij, G.J. 1976 - Interoceanic differences in the vulnerability of shelled prey to crab predation. Nature (Lond.) 260 : 135-136.

Wells, S.M., R.M. Pyle and N.M. Collins 1983 - The IUCN Invertebrate Red Data Book, pp. 69-77. IUCN, Gland, Switzerland.

Wright, A. 1986 - An analysis of exports of marine produce from Papua New Guinea for the period 1980 to May 1986 with emphasis on produce collected by small-scale fishermen. Report Dept. of Primary Industry. Fisheries Research Lab. Papua New Guinea.

Yen, S. 1985 - The exploitation of troca (*Trochus niloticus* L.) in French Polynesia. Proc. Fifth Int. Coral Reef Congress, 5: 557-561.

Yen, S. and W. Neagle. 1985 - Seafood processing in French Polynesia. S. Pac. Comm. Fish. Newsl., 32: 30-33.

Yonge, C.M. 1932 - Bionomics of *Trochus niloticus* Linn. Nature 130 (3279): 367.

Anon., 1950 - Farmlet button factory. Fish. Newsl. (Australia), 9(3): 17.

Anon., 1951a - Less pearl shell, more trochus. Fish. Newsl. (Australia) 10(3): 7.

Anon., 1951b - Switch to trochus alarms pearlers. Fish. Newsl. (Australia) 10(8): 7.

Anon., 1952a - Trochus shells. Fish. Newsl. (Australia) 11(1): 23.

Anon., 1952b - Pearling prospect reviewed. Fish. Newsl. (Australia) 11(9): 9.

Anon., 1972 - Commercial exploitation of trochus, French Polynesia. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 3&4:32.

Anon., 1980 - The status of management and development of the gastropod and bivalve fishery. Guam Marine Fisheries Advisory Council: 19 pp.

Anon., 1981a - Tinned trochus makes delicious dishes. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 22:16.

Anon., 1981b - List of trochus and green snail shell buyers. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 22:17-19.

Anon., 1982 - Trochus shells - Japan. Overseas Market Report No. 1206, issued by Dept. of Trade and Resources, Canberra.

Anon., 1983a - Trochus hatchery feasibility study for Vanuatu. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 25:6.

Anon., 1983b - Trochus transplants carried out in the Cook Islands. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 26:7.

Anon., 1984a - Trochus tag developed in Palau. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 28:11.

Anon., 1984b - Australian research worker studies trochus. S. Pac. Comm. Fish. Newsl. 30:13.

## ANNEXE / ANNEX

**Transplantations de trocas dans les îles du Pacifique.**
**(Gillett, 1987)**

**PACIFIC ISLANDS TROCHUS INTRODUCTIONS - COMPILED BY R. GILLETT, FAO/UNDP SUVA**

| Date | Areas/Zones | Details/Description | Source |
|---|---|---|---|
| Before 1927 | Palau to Truk<br>Palau to Ponape | Unsuccessful attempt. | MacGowan 1957 |
| 1927-1931 | Palau to Truk | Total of 6724 shells transferred in bait wells of skipjack boats; 5 years elapsed before judged successful. First harvest 1939, greatest annual harvest (1952) 230 tons | McGowan 1957<br>McGowan 1958 |
| 1937 | Palau to Phoenix Is. | No details of transfer available; 1986 status unknown to Kiribati officials. Probably mistaken as Enderbury (Phoenix) could have been confused with Enderby (Pulawat, Truk) | Bour et al. 1982<br>Onorio,per.comm. |
| 1939 | Palau to Saipan<br>Palau to Ponape<br><br>Palau to Satawan | 2974 shells transferred;<br>6745 shells transferred; greatest harvest (1951) 180 tons;<br>5000 shells transferred; success not known. | McGowan 1957<br>McGowan 1958 |
| 1939 or 1940 | Yap to Ulithi | Very successful. | McGowan 1957,1958<br>McCoy,per.comm. |
| 1930 | Palau and Yap to various sites in Caroline Is. | Japanese Govt. and private companies transferred shells to many islands including Ngulu, Ngatik, Mokil, Pulawat. Transfers to Sorol, Woleai, Ifaluk, Kapingamarangi, and Nukuoro not successful. | McGowan 1957 |
| 1939 | Palau to Jaluit | Shells transferred to other atolls of the Marshalls including Majuro and Ailinglaplap; transfer to Ebon not successful. | McGowan 1957<br>Bour et al. 1982 |
| 1940s or Early 1950s | Ponape to Kostae | Unsuccessful operation. | McGowan 1958 |
| Early 1950s | Saipan to Guam | Shells transplanted by two fishermen; very successful. | Smith,per. |
| 1952 | ? to Hawaii | 39 shells released in Kaneohe bay. | Katekaru,per. |

| Date | Areas/Zones | Details/Description | Source |
|---|---|---|---|
| 1957 | Fiji(Viti Levu) to Aitutaki | 2 transfers; one in sea water, other damp in crates (40 shells); seaplane used; trochus population plentiful in 1965. First harvest 1981 (200 tonnes). | Van Pel 1957<br>Devambez 1960<br>Sims 1984<br>Powell,per. |
| 1957 | Vanuatu to Tahiti | 1200 shells shipped in circulatory water tanks. 40 survived the 15 days trip. | Yen 1985<br>Yen,per.comm. |
| 1958 | Fiji to American Samoa | No details available. | Bour et al. 1982 |
| 1958 | New Caledonia to Tahiti | 40 shells transferred by aircraft in damp sacks. First harvest 1971; greatest annual harvest (1973) 261 tonnes. | Van Pel 1957<br>Anon. 1972,<br>Powell 1960 |
| 1959 | Ponape to Kosrea | 500 live trochus released at 13 locations | Gawal 1982 |
| 1963 | Guam to Hawaii | 750 trochus released in Kaneohe Bay; 1967 survey showed trochus surviving, but no indication of reproduction observed; some trochus observed in 1970. | Katekaru,per.comm.<br>Kanayama, 1967 |
| 1963 | Tahiti to Moorea | No details available. | Anon. 1972 |
| 1964 | Tahiti to Raiatea | No details available. | Anon. 1972 |
| ? | Tahiti to Tuamotu and Austral Is. | No details available. | Anon. 1972 |
| 1981-1983 | Aitutaki to southern Cook Is. | Palmerston Is, 3000 shells transferred, abundant at date of report. Manuae, 500 shells, uncommon in 1985; Mitiaro, 300 shells, rare/extinct: Atiu, 300 shells, rare/extinct; Mangaia, 300 shells, rare; Rarotonga, 200 shells, rare/extinct. | Sims 1984 |
| 1982 | Aitutaki to Rakahanga and Manihiki | Shells carried on deck in wet sacks. Unsuccessful; all dead before arrival. | Sims 1985 |
| 1983 | Yap to Woleai | 2000 trochus transplanted. All died in transit. | Fagolimul and Price 1987 |
| 1984 | Yap to Woleai and Fachaulap | 4.708 shells transferred, 12 died en route | Fagolimul and Price 1987 |
| 1985 | Yap to Ifalik and Eaurpik | 1979 shells transferred; 90 died en route | |

| Date | Areas/Zones | Details/Description | Source |
|---|---|---|---|
| 1985 | Aitutaki to Northern Cook Is. | Penrhyn, 439 shells, carried 6 days in bait tank; Manihiki, 398 shells, carried 9 days in bait tank; Rakahanga, 693 shells, carried 10 days in bait tank; Pukapuka, all dead, carried 13 days in bait tank. | Sims 1985 |
| 1985 | Aitutaki to Suwarrow | 460 shells carried for 3 days in flooded skiff; very low mortality. | Sims,per.comm. |
| 1985 | Fiji (Viti Levu) to Funafuti | 181 shells transferred in 3 air shipments; successful; larger transfer planned. | Parkinson 1984<br>Pita 1985<br>Adams,per.<br>Batty,per.( |
| 1986 | Aitutaki to Northern Cook Is. | 1200 trochus shipped using flooded skiff on domestic vessel. Very good survival rate. | Dashwood,per.( |
| 1986 | Fiji (Viti Levu) to Tokelau | 1029 shells transferred; 584 sent by ship via Western Samoa; 161 flown to Western Samoa to join original shipment; 284 flown direct to Fakaofo and parachuted. | Gillett 1986 |
| 1986 | Yap to Eaurpik, Elato, Lamotrek and West Fayu | 3.125 shells transferred, 22 died en route | Fagolimul and Price 1987 |
| 1987 | Aitutaki to Suwarrow | 1.000 shells transferred via Flooded skiff, no mortality | Sims,per. |

NO: 11172